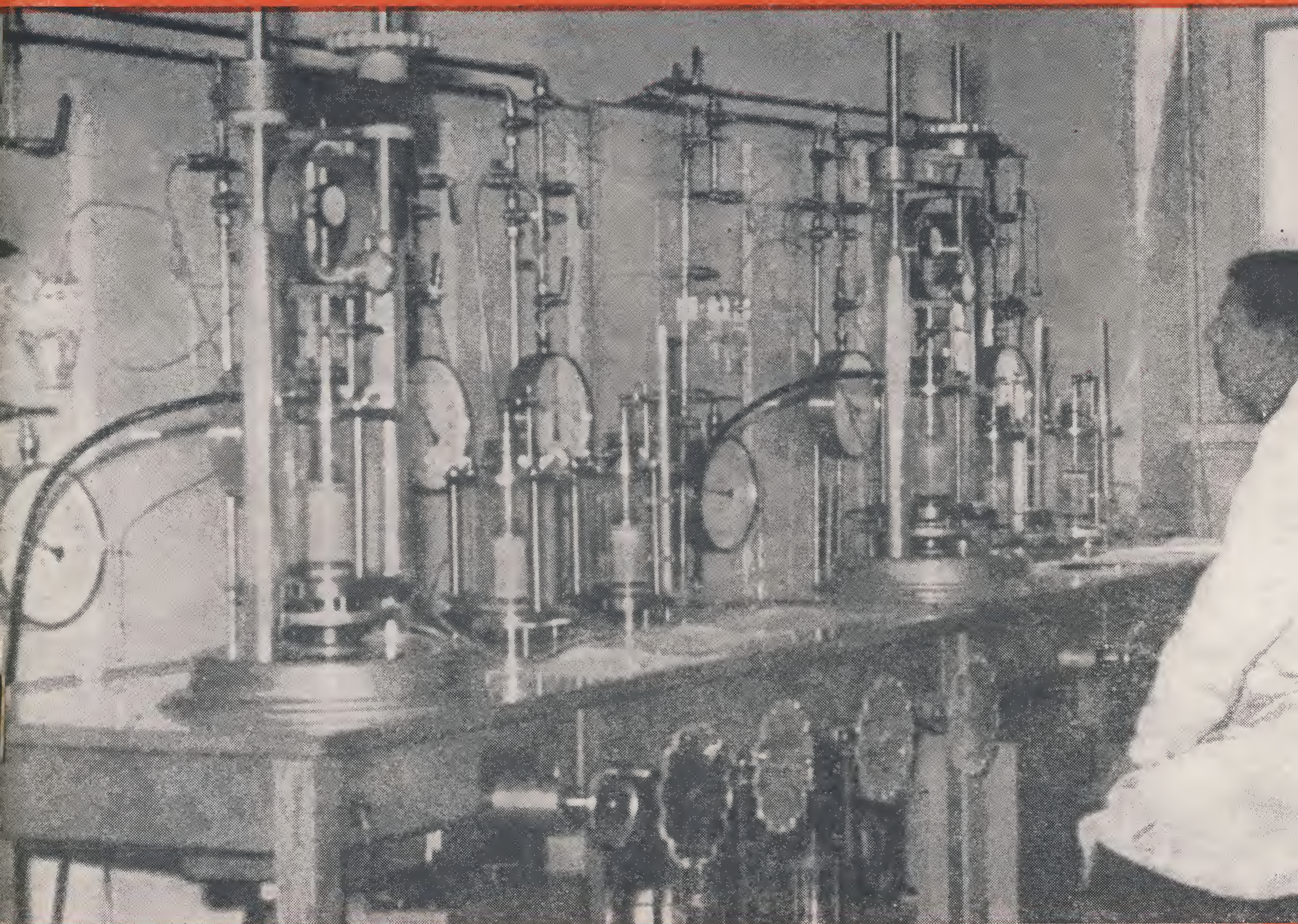
GRAĐEVINAR

12

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE
GODINA XVIII PROSINAC 1966



NAJMODERNIJA LABORATORIJSKA OPREMA ZA TRIAKSIJALNO ISPITIVANJE UZORAKA TLA

9589

»GRAĐEVINAR«

GOD. XVIII BROJ 12

SADRŽAJ

»GRAĐEVINAR«

18-Й ГОД ИЗДАНИЯ 12 — 1966.

СОДЕРЖАНИЕ

SURADNICI
OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU i UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način,

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 ond. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autori;

fotografije kontrasne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;

popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje, sve slike priložiti odvojeno od teksta;

jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocjenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SR Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller

Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Tek. rač. kod SDK 3071-8-331

Tisak štamparije »Vjesnik« Zagreb

»GRAĐEVINAR«

VOL. 18 12 — 1966.

Journal of the Society of Civil Engineer of the S. R. Croatia

CONTENTS

Godišnja pretplata: Za poduzeća N. Din 200 za prvi pretplatni primjerak, te N. Din 100 za svaki daljnji primjerak. Za ostale pretplatnike N. Din 30. Za đake i studente N. Din 12. Za inostranstvo N. Din 150.

Pojedini primjerci: Za DIT N. Din 1,50. Za poduzeća N. Din 20. Za ostale 3 N. Din.

Cijena oglasa: naslovna str. 3000. Omotne 2500. Unutarnje stranice: 1/1 — 2000, 1/2 — 1500, 1/4 — 1000 N. Din. Kod više uzastopnih oglasa dajemo popust, prema dogovoru.

GRAĐEVINAR

God. XVIII Prosinac 1966 Broj 12

UČESTALOST EKSTREMNO VISOKIH VODA DRAVE U 1964 I 1965. GODINI – PRIRODNA POJAVA ILI NEŠTO DRUGO

Prof. Dr Ing. Dionis Srebrenović, Zagreb

1. Uvodno razmatranje

Još su nam u živom sjećanju »katastrofalne« poplave Drave iz 1964. i pogotovo one iz 1965. godine, koje su duž cijelog njenog toka u Hrvatskoj prouzročile ogromne štete. Izuzetna visina vodostaja i neobjašnjiva učestalost takvih poplava spontano su nametale pitanje: jesu li te poplave bile rezultat izuzetno nepovoljnih geografsko-fizičkih okolnosti ili su one možda rezultat tehničkog djelovanja na gornjem dijelu sliva Drave u Sloveniji ili Austriji, koje se je negativno odrazilo na nizvodna područja.

Da bi se nužnost postavljanja takvih pitanja mogla najuočljivije potvrditi, iznijet ćemo neke statističke podatke.

2. Hidrološka statistička dokumentacija

Nema sumnje da će numerički i grafički prikaz godišnjih maksimalnih vodostaja i protoka moći eklatantno pokazati ono što želimo. Izabran je u tom cilju hidrometrijski profil Varaždina, gdje su posljedice poplava Drave bile najteže. Taj hidrometrijski profil imade motrenja vodostaja još od 1879. godine. Međutim, uz opažanja vodostaja nisu obavljana paraleno i mjerenja protoka, kao ni promjene profila, koji su na Dravi u Varaždinu bili veoma znatni. Stoga se, na žalost, sva opažanja ne mogu koristiti. Na osnovu hidrauličko-hidroloških analiza obavljenih u elaboratu »Hidrološka obrada Drave« (Projekt, Zagreb, 1964) dokazano je da se može koristiti period od 1926. godine pa naovamo. U tom su elaboratu definirane i konsumpcione krivulje za taj vodomjerni profil Drave, ovako:

1956—1966: $Q = 0{,}540\ (h + 3{,}00)^{4{,}282}$

1946—1955: $Q = 0{,}552\ (h + 2{,}48)^{4{,}282}$

1938—1945: $Q = 0{,}499\ (h + 2{,}79)^{4{,}282}$

1926—1937: $Q = 0{,}592\ (h + 2{,}94)^{4{,}282}$

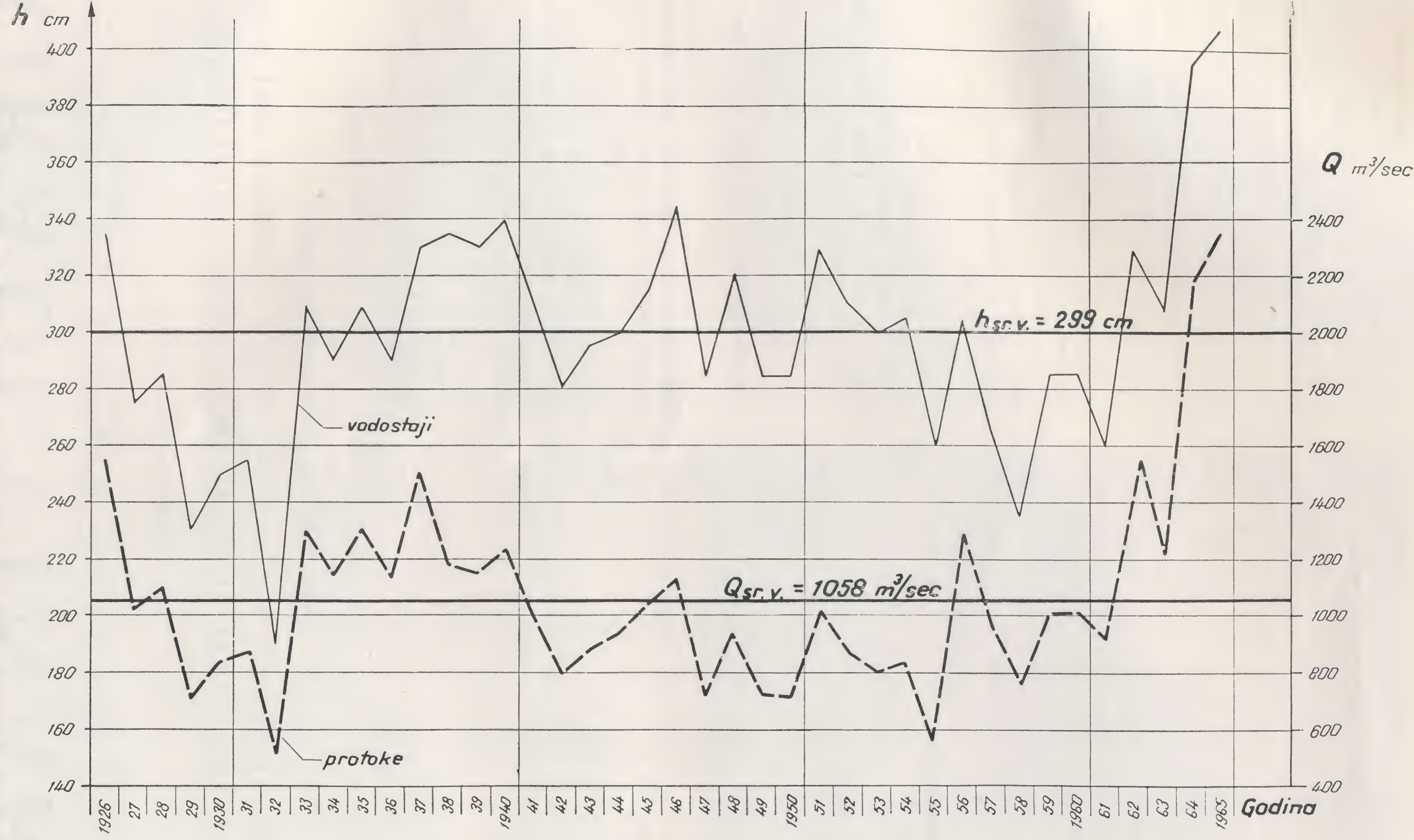
Iz ovih se funkcija $Q = f\ (h)$ razabire da profil Drave u Varaždinu imade tendenciju produbljavanja. Ono se ne zbiva u vremenu pravilno, ali se produbljenje nazire. Računajući s ovim odnosima, dobili smo slijedeće najveće zapažene godišnje vode u periodu 1926—1965:

Redni broj po veličini	Godina	Vodostaj h_{cm}	Protoka Q m/sec
1	1965	408	2.356
2	1964	395	2.176
3	1926	335	1.551
4	1962	330	1.545
5	1937	330	1.501
6	1933	310	1.305
7	1935	310	1.305
8	1956	305	1.291
9	1940	340	1.227
10	1963	307	1.219
11	1938	335	1.170
12	1939	330	1.145
13	1934	290	1.133
14	1936	290	1.133
15	1946	345	1.130
16	1959	285	1.118
17	1960	285	1.118
18	1928	285	1.092
19	1945	315	1.030
20	1927	275	1.013 itd.

Koristeći Galtonovu funkciju vjerojatnoće, sistematizirane bi maksimalne protoke bile:

desethiljadugodišnja velika voda $Q_{max\ 10.000} = 3.400$ m³/sec
hiljadugodišnja velika voda $Q_{max\ 1.000} = 2.800$ m³/sec
stogodišnja velika voda $Q_{max\ 100} = 2.200$ m³/sec
desetgodišnja velika voda $Q_{max\ 10} = 1.550$ m³/sec

Ako se bolje razmotri Galtonov dijagram, lako se može zaključiti da od rezultirajućeg pravca za ekstrapolaciju prilično neubjedljivo »strše« velike vode iz 1964. i 1965. godine. To još ne mora značiti da su te protoke neprirodno formirane, možda je dužina neprekinutog perioda promatranja od 40 godina još uvijek prekratka za solidno zaključivanje. Postoji podatak iz 1882. godine o najvećem zapaženom vodostaju od 410 cm, što bi odgovaralo protoci od 2521 m³/sec. Ta protoka u relaciji s onom iz 1964. i 1965. godine nije neuvjerljiva, dapače može da posluži za preispitivanje Galtonove metode.



Sl. 1: Maksimalni godišnji vodostaji i pritoke Drave u Varaždinu

Taj će se posao obaviti po Foster-Ribkinu. Upotrebivši prekinuti interval evidentiranja od 1882. godine pa naovamo tj. od termina u kojem se je javio »historijski maksimum« možemo konstatirati da je:

prosječna velika voda

$$Q_{s\ max} = \frac{1}{n}\left(Q_m + \frac{m-1}{n}\sum_1^n Q_{max}\right)$$

gdje je:

m = broj godina u kojem se je javio historijski maksimum (1882—1965) $m = 84$

n = broj godina kontinuiranog niza (1926—1965) $n = 40$

$\sum_1^n Q_{max}$ ... zbroj svih godišnjih maksimalnih protoka u kontinuiranom nizu,

$$\sum_1^n Q_{max} = 42320.$$

Supstituirajući ove veličine imademo da je

$$Q_{s\ max} = 1058\ m^3/sec$$

Koeficijent varijacije c_v dobiva se po formuli:

$$c_v = \sqrt{\frac{1}{m}(k_m - 1)^2 + \frac{m-1}{n}\sum_1^n (k-1)^2},$$

ovdje znači

k_m ... modulni koeficijent historijske vode

$$\frac{Q_{max\ 1882}}{Q_{s\ max}} = \frac{2521}{1058} = 2{,}38$$

k ... modulni koeficijent svake pojedine godine

$$\frac{Q_{max}}{Q_{s\ max}}$$

Kada se izračuna veličina $\sum_1^n (k-1)^2$ za neprekinut niz opažanja, koja iznosi 3,75, i sve uvrsti u spomenuti odnos, dobiva se:

$$c_v = \pm\sqrt{\frac{1}{83}\left(2{,}38 + \frac{82}{39} \times 3{,}75\right)} = \pm\ 0{,}35,$$

dok je koeficijent asimetrije

$$c_s = \frac{c_v}{1 - k_{min}}$$

gdje je

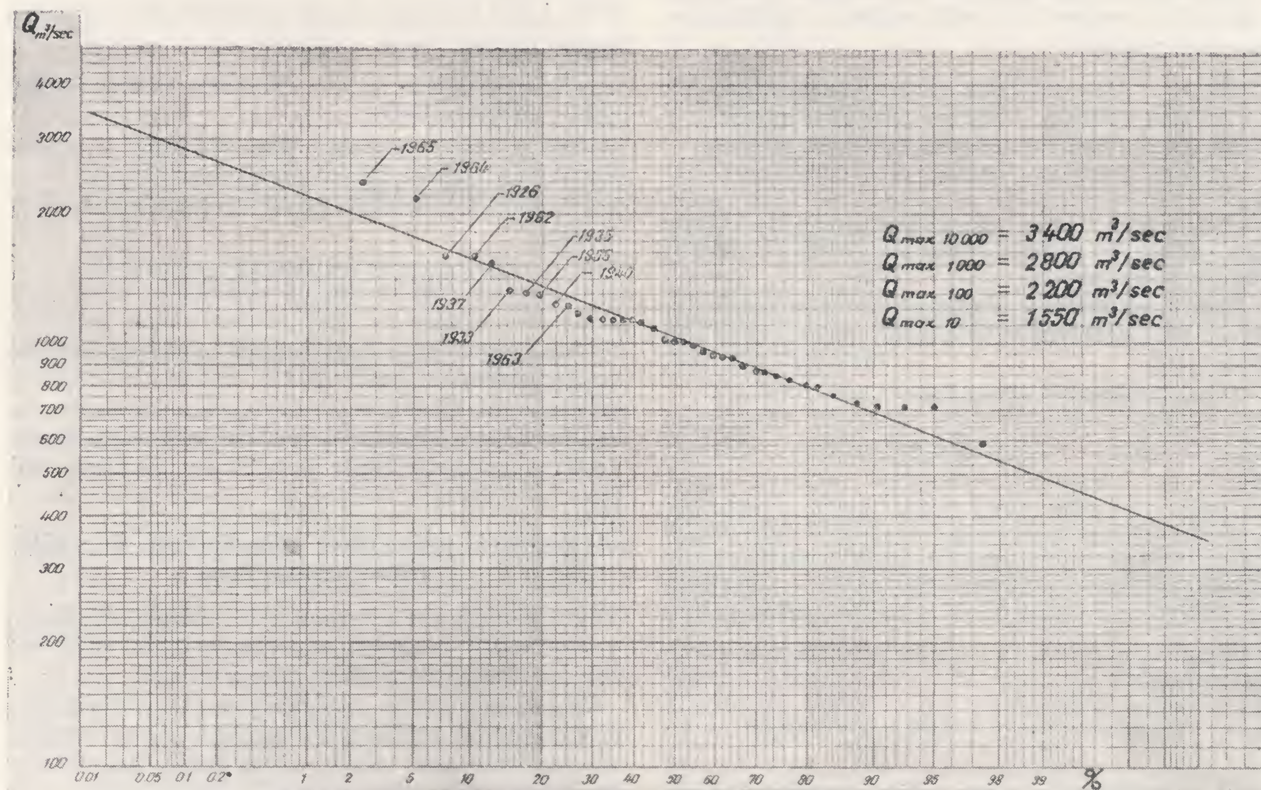
k_{min} ... minimalni evidentirani modulni koeficijent

$$k_{min} = 0.48 \text{ (iz 1932. godine)}$$

Dakle,

$$c_s = \frac{2 \times 0{,}35}{0.52} = 1{,}35$$

$c_s = 4\ c_v$, što odgovara za slivna područja na kojima se veliki povodanj javlja isključivo kao posljedica jakih kiša.



Sl. 2: Vjerojatnoća pojave velikih voda Drave — Varaždin

Primijenivši Foster-Ribkinovu metodu dobit će se:

$$Q_{max}\ P = (c_v\ \Phi + 1)\ Q_{s\ max}$$

gdje je

$Q_{max\ P}$ ... velika voda u povratnom periodu P godina

Φ ... Fosterova funkcija zavisna od c_v i c_s (određuje se iz tabela).

Konkretno je:

desethiljadugodišnja velika voda
$Q_{max\ 10.000} = (0{,}35 \times 6{,}76 + 1)\ 1058 = 3560\ m^3/sec$

hiljadugodišnja velika voda
$Q_{max\ 1.000} = (0{,}35 \times 5{,}04 + 1)\ 1058 = 2925\ m^3/sec$

stogodišnja velika voda
$Q_{max\ 100} = (0{,}35 \times 3{,}25 + 1)\ 1058 = 2260\ m^3/sec$

desetgodišnja velika voda
$Q_{max\ 10} = (0{,}35 \times 1{,}34 + 1)\ 1058 = 1555\ m^3/sec.$

Dakle, dva različita metoda dala su prilično identične rezultate.

3. Sistematizacija zapaženih poplava u 1964. i 1965. godini i postavljanje problema

Lanjske, 1965. godine, 6. rujna zabilježen je vodostaj Drave u Varaždinu 408 cm s katastrofalnim posljedicama za narodno gospodarstvo. Njemu je odgovarala protoka od 2356 m³/sec, koja bi, prema otprije obavljenim analizama, imala povratni period od 200 godina, pa se takva velika voda može s adekvatnom vjerojatnoćom očekivati. Međutim, u periodu manjem od godine dana — javljaju se enormne poplave:

27. X	1964:	h = 395 cm	Q = 2176 m³/sec
3. VIII	1965:	h = 377 cm	Q = 1945 m³/sec
30. IX	1965:	h = 364 cm	Q = 1790 m³/sec
6. VII	1965:	h = 344 cm	Q = 1571 m³/sec

pri čemu prva imade red veličina javljanja 100 godina, druga 50 godina, treća 25 godina, a četvrta više od 10 godina.

Eto, u toj velikoj učestalosti izuzetno jakih poplava leži problem. Pokušajmo ga matematički oblikovati.

Prema Poissonovoj razdiobi:

$$P_x = \frac{m^x\ e^{-m}}{x!}$$

(Vidi komentar u članku D. Srebrenović: »Određivanje povratnih perioda velikih voda mjerodavnih za dimenzioniranje objekata« — Građevinar 1960/5), proizlazi da se u okviru jedne godine

desetgodišnja velika voda može javiti 5 puta s vjerojatnoćom:

$$P_5 = \frac{0{,}1^5 \cdot e^{-0{,}1}}{5!} \cdot 100 = 0{,}000007\%,$$

dvadesetpetgodišnja velika voda može javiti 4 puta s vjerojatnoćom:

$$P_4 = \frac{0{,}04^4 \cdot e^{-0{,}04}}{4!} \cdot 100 = 0{,}000001\%,$$

pedesetgodišnja velika voda može javiti 3 puta s vjerojatnoćom:

$$P_3 = \frac{0{,}02^3 \cdot e^{-0{,}02}}{3!} \cdot 100 = 0{,}00013\%,$$

stogodišnja velika voda može javiti 2 puta s vjerojatnoćom:

$$P_2 = \frac{0{,}01^2 \cdot e^{-0{,}01}}{2!} \cdot 100 = 0{,}00495\%.$$

T o s u p o j a v e, p r a k t i č n o k a z a n o, g o t o v o n e v j e r o j a t n e. One očigledno ukazuju na promjene u režimu otjecanja velikih voda nastale u najnovije vrijeme u slivu Drave uzvodno od Varaždina. Te promjene ne moraju da budu jako drastične, a da se veoma ubjedljivo ne očituju u negativnom smislu na nizvodnom sektoru. Ta se činjenica najbolje može dokazati konsumpcionim odnosom za Dravu, Varaždin, kojeg možemo i ovako opisati:

$$h = 1{,}451\ Q^{0.2335} - 3{,}0.$$

Kad se derivira h po Q, dobiva se:

$$\triangle h = \frac{0{,}269}{Q^{0{,}7665}} \triangle Q,$$

odnosno
kod godišnjih visokih voda:

$$h = 0{,}0013 \triangle Q.$$

A to znači da npr. porast protoke od $\triangle Q = 400$ m³/sec izaziva porast vodostaja od 50 cm i sl.

Nešto slično je i u D. Miholjcu, dakle, na donjem sektoru Drave.

Tu je

$$h = 0{,}71\ Q^{0{,}2578} - 3{,}00$$

odnosno

$$\triangle h = \frac{0{,}183}{Q^{0{,}7422}} \triangle Q.$$

Razumljivo je da takav porast vodostaja indicira na gospodarsku katastrofu na cijelom srednjem i donjem toku Drave, kao što je jasna i činjenica da se u primjeru iskazan porast protoke može proizvesti na gornjem dijelu sliva Drave na razne načine.

4. Radovi s negativnom reperkusijom na vodni režim velikih voda

Prije nego što se navedu ti radovi, i dade izvjesna težina mogućeg negativnog djelovanja, nužno je učiniti digresiju u izlaganju.

Rekli smo da je stogodišnja velika voda Drave u Varaždinu 2260 m³/sec. Obzirom da je veličina slivnog područja Drave u toj tački toka 15.632 km², bit će specifični dotok te velike vode svega 145 l/sec/km². Taj relativno mali specifični dotok

sigurno je rezultat izduženosti oborinskog područja i njegovog retardacionog djelovanja, što sve skupa formira veliko vrijeme sabiranja.

Ako se to uoči, tada je sigurno da će svaki r e g u l a c i o n i z a h v a t na pritoci ili samoj Dravi, svaka m j e r a o b r a n e o d p o p l a v e, koja isključuje inundacije iz djelovanja, povećati specifične dotoke i maksimalne protoke na nizvodnom sektoru, jer se povećava propagacija vodnog vala.

Na žalost mjere zaštite od poplava ne moraju biti i jedini uzročnici pogoršanja vodnog režima u Podravini. Drava se uveliko energetski iskorišćuje, pa ukoliko se tok Drave podijeli na 4 dionice, tada je situacija s iskorišćenjem voda ovakva:

— Planinski dio Drave od izvora do Beljaka (Villach). Ovdje su izgrađene ili predviđene za izgradnju hidroelektrane s velikim padom, među kojima je najveće akumulaciono postrojenje Reisseck — Kreuzeck sa ukupnom godišnjom proizvodnjom 305 GWh. Među predviđenim objektima treba spomenuti akumulacione hidroelektrane Dorferntal — Huben, Malta i objekte na Zilji. Ovaj planinski dio sliva Drave pripada gotovo sav Austriji (s izuzetkom samog izvorišta u Toblaškom polju u Italiji). Režim voda je glečerski, pa je neophodna potreba akumuliranja ljetnih voda za zimsku proizvodnju.

— Gornja Drava predstavljena je potezom Beljak — Maribor. Ovaj sektor pripada Austriji i Jugoslaviji. U Austriji su u pogonu hidroelektrane Edling, Schwabeck i Lawamünd s ukupnom godišnjom proizvodnjom 848 GWh, dok je u gradnji i u projektiranju još 7 HE. Kada se sve ove hidroelektrane izgrade imat će Austrija čitav potez od Beljaka do Lawamünda iskorišten u lancu 10 hidroelektrana sa ukupnom snagom 392 MW i godišnjom proizvodnjom 2048 GWh. Jugoslavenski dio gornje Drave je potpuno energetski iskorišten u lancu od šest hidroelektrana — Dravograd, Vuzenica, Vuhred, Ožbalt, Fala i Mariborski otok. Instalirana je snaga 277 MW i proizvodnja 1545 GWh.

— Srednjom Dravom smatramo potez od Maribora do ušća Mure u Dravu kod Legrada. Na srednjoj Dravi predviđeno je pet derivacionih hedroelektrana od kojih je Hajdoše već pred izgradnjom, dok su ostale Borl, Varaždin, Čakovec i Legrad u projektiranju. Instalirana snaga bit će ukupno 473 MW sa godišnjom proizvodnjom 2675 GWh.

— Donja Drava je sektor nizvodno od ušća Mure pa do utoka u Dunav. Taj je dio Drave predviđen da se također energetski iskoristi. U projektu su 4 hidroelektrane. Ukupna instalirana snaga bi bila 293 MW a moguća proizvodnja 1660 GWh.

Kako vidimo mnogo je toga izvedeno na dionici srednje i gornje Drave. Iako se radi o manjim akumulacionim postrojenjima, ona nisu beznačajna za formiranje velikih voda. Radi se, dakle, o desetak akumulacija za dnevno izravnavanje. Da se razumijemo, — m a l i h a k u m u l a c i j a, koje uz lošu evakuaciju vodnih količina mogu veoma lako da pogoršaju bitno vodni režim i povećaju maksimalne protoke u nizvodnom smjeru. Doduše one taj režim mogu i poboljšati, no zato je potreban s m i š l j e n i u s k l a đ e n p o s a o, o r g a n i z i r a n r a d na širokom frontu u stvaranju forsirane rezerve u akumulacijama ili uopće na manipulaciji oko ispuštanja vodnih količina iz akumulacija za vrijeme nadolaska velikog vodnog vala i njegova trajanja. To poboljšanje vodnog režima morao bi biti čak imperativ ukoliko se želi održati s a m o status quo režima, jer, da ne zaboravimo, valja otkloniti i loše posljedice regulaciono-obrambenih mjera u Sloveniji i Austriji u odnosu na Podravinu.

Što to znači organiziran i smišljen rad na evakuaciji akumulacija? To je posao, koji u prilično kompliciranoj formi definira manipuliranje s ispuštanjem voda iz akumulacija u cilju sploštenja visokog vodnog vala n a s v i m d i o n i c a m a v o d o t o k a. To nipošto nije posao, kako se sada na njega gleda, da se na temelju informacija o nadolasku još većih voda pokuša stvoriti, prijevremenim pražnjenjem akumulacija, forsirana rezerva za preuzimanje vodnog vala.

Takvi postupci mogu imati i sasvim nepovoljne posljedice jer je formiranje vodnog vala duž vodotoka veoma komplicirana pojava, koja uvelike zavisi o trenutačnoj interferenciji vodnih valova Drave i pritoka. Npr. normalna je pojava da se Mura javlja sa svojom kulminacijom prije maksimuma Drave, iz čega slijedi da stvaranje forsirane rezerve u akumulacijama uzvodno od utoka Mure prethodnim ispuštanjem vodnih količina može da izazove vanredno nepovoljnu superpoziciju vodnih valova Drave i Mure i sasvim neželjene posljedice — bitno pogoršanje režima.

Drugim rječima, bilo bi potrebno da korisnici voda u Sloveniji i Austriji izrade s t u d i j u o m a n i p u l a c i j a m a s p r o t o k a m a i v o d n i m r e z e r v a m a u a k u m u l a c i j a m a, u kojoj bi bili sagledani svi faktori mjerodavni za formiranje velikih protoka duž Drave. S tom bi studijom morali biti upoznati vodoprivredni organi SR Hrvatske.

Isto tako bilo bi nužno da Sekretarijat za vodoprivredu Hrvatske dade izraditi studiju o ekstremnim vodnim količinama u relaciji s zapaženim fizičkim faktorima otjecanja, sve u cilju definiranja status quoa. Tada neće biti teško pokazati da li je neki izvanredno visoki povodanj rezultat samo prirodnih faktora ili još i posljedica nepovoljnog djelovanja objekata za iskorišćenje voda na dionici Gornje i Srednje Drave. To je nužno učiniti, jer kada se učestalo dovode ljudski životi i naselja u pitanje, kada se izlažu desetine hiljada ha obradive površine vodnoj stihiji i čini neprocjenjiva gospodarska šteta, svakako je potrebno poznavati objektivnu istinu. Ta će istina ukazati na opseg i veličinu tehničke sanacije ili na — krivca.

PLANIRANJE I PROGRAMIRANJE RADA POMOĆU METODE KRITIČNOG PUTA *

Ing. Sergije Nonveiller, Zagreb

I. Općenito o planiranju i programiranju i metodi kritičnog puta

Koordinacija različitih djelatnosti u ostvarenju zajedničkog zadatka je jedan od vrlo složenih problema s kojima se danas susreću i sukobljavaju suvremeni rukovodioci. Već u ostvarenju manjih zadataka, bilo koje vrste — pa i građevinskih — pojavljuje se kompleksan problem koordinacije rada većeg broja ljudi, strojeva i materijalnih dobara. Snalaženje u ovom labirintu detalja, od kojih je sastavljena suvremena proizvodnja, imperativno nameće veoma precizno planiranje i programiranje rada, da bi se mogao slijediti tok događaja i upravljati s ostvarenjem zadatka.

Postoji čitav niz tradicionalnih metoda planiranja i programiranja rada, koje sa više ili manje uspjeha rješavaju probleme sagledavanja, analize i praćenja ostvarenja radova i zadataka. Ali ni jedna od ovih metoda ne zadovoljava u cijelosti zahtjeve suvremenog rukovođenja proizvodnjom.

Najpoznatija od ovih metoda je metoda linearnog planiranja i programiranja rada. Ona je u građevinarstvu poznata pod nazivom »Kalendarski plan rada«. U ovoj metodi dužina crte označava trajanje rada, a crte koje označavaju vrste radova — nanizane su jedna ispod druge. Tako raspoređeni radovi daju određenu sliku svog toka i međosobne povezanosti, pa zato ova metoda pruža izvjesne informacije koje su neophodne za rukovođenje. Međutim, te informacije nisu dovoljno jasne i uočljive u svakoj pojedinoj fazi zadatka, pa je zbog toga njegovo sagledavanje i rukovođenje otežano. Osim toga ona ne pruža mogućnost sistematskog proučavanja onih radova od kojih zavisi krajnji rok dovršenja čitavog zadatka, ne pruža mogućnost utvrđivanja takozvanog »kritičnog puta« ili »kritičnog toka« onih radova od kojih zavisi dovršenje cjelokupnog zadatka.

Da bi se osigurala nužna preglednost, često puta je kod složenih zadataka neophodno da se linearna metoda planiranja i programiranja pojednostavni. Međutim, takvim jednostavnijim planiranjem i programiranjem se gubi na vrijednosti plana i programa, koji zbog toga postaje suviše općenit i nejasan. Čitav niz planskih i programskih propusta ovakvih jednostavnijih planova postaju uočljivi tek kada je suviše kasno — kada se sa ostvarenjem plana došlo do pogrešno planirane ili programirane faze.

Samo je po sebi jasno, da se u ovakvim uslovima, već duže vremena osjećala potreba za jednostavnijom, ali efikasnijom metodom planiranja i programiranja radova.

Ineteresantan je slučaj jedne rafinerije u periodu godišnjeg remonta. Period remonta rafinerije poklapao se s periodom liječničkih pregleda zdravstvenog stanja osoblja. Pitanje koje se postavljalo bilo je: koje osoblje može biti odsutno i u kojem vremenu a da ne utiče na predviđeni tok remontnih radova. Rukovodstvo je odgovor na to pitanje smatralo jednostavnim i jasnim. Međutim, to stvarno nije bilo tako jednostavno, kako je izgledalo na prvi pogled. U konkretnom slučaju jedan je varilac bio na liječničkom pregledu, naime odsutan 5 sati. Zbog njegove odsutnosti došlo je do prekida rada na njegovom radnom mjestu i do zastoja na svim radovima koji su bili usko vezani s njegovim radom, pa je došlo do zakašnjenja od 1 dana u ponovnom puštanju rafinerije u pogon. Rad tog varioca bio je kritičan.

Cijena koja je plaćena za ovo saznanje bila je prilično visoka.

Ovakvi i slični slučajevi su sve više i više nametali potrebu za jednom novom metodom planiranja i programiranja rada, koja neće bolovati od nedostataka postojećih metoda i koja će omogućiti sigurnije sagledavanje problema vezanih za rukovođenje.

Kanadska firma Du Pont de Nemours & Co uočila je još 1956. god. potrebu za novom metodom planiranja i programiranja rada. Još tada je firma Du Pont (Wilmington) započela s istraživanjima u cilju iznalaženja mogućnosti upotrebe elektronskih računskih strojeva kao pomoćnog sredstva u rješavanju složenih rukovodećih inženjerskih zadataka.

Glavna svrha tih istražnih radova je bila da se ustanovi u kojoj se mjeri mogu upotrijebiti elektronski računski sistemi za izradu operativnih planova, da li se mogu dobiti korisni podaci za izmjene planova koje su usmjerene na iznalaženje najekonomičnijeg načina izvođenja radova i, konačno, da li se podaci mogu koristiti za praćenje napredovanja rada i nastalih izmjena.

Jedna istražna grupa sastavljena od inženjera firme Du Pont, matematičara i stručnjaka firme Remington Rand UNIVAC za elektronske računske strojeve, razradila je u toku istraživačkog rada novu tehniku planiranja i programiranja rada, koja je nazvana Critical Path metod — »Metoda kritičnog puta«.

Rezultati ovih istražnih radova i terenskih pokusa prvi put su objavljeni 1958. godine.

Prvi praktični primjer za novu metodu izrađen je od istražne grupe firme Du Pont. Uporedo s novom metodom, planeri firme izradili su planove i

———————

* Pod pojmom planiranja i programiranja rada u ovom se članku podrazumijeva izrada planova rada, koji su u građevinarstvu poznati pod nazivom »Operativni planovi rada«.

programe radova po staroj metodi. Rezultati koji su postignuti ovim upoređenjem metoda, bili su više nego zadovoljavajući i ohrabrujući. Ukratko, radilo se o izgradnji jednog kemijskog postrojenja u vrijednosti od 10 milijuna dolara. Operativni zadatak se sastojao od 393 odvojena rada i 156 projektnih obaveza i isporuka. Vrijednost pojedinih radova kretala se od 50 do 50.000 dolara.

U martu 1958. kada je prvi dio ispitivanja i studija bio završen, odlukom uprave Du Pont izmijenjen je stari operativni plan za 40%. Proces usklađenja radova, kojeg je iziskivala metoda kritičnog puta, iznosio je samo 10% napora od onih kojeg je iziskivalo usklađenje originalnog operativnog plana. Grupa planera koja je radila na staroj metodi planiranja i programiranja rada utrošila je za usklađenje planova skoro 100% od uloženih snaga u izvorno planiranje.

Osim ušteda napora uloženih za nužne ispravke, pokazale su se još i slijedeće prednosti nove metode planiranja i programiranja rada:

— računski podaci su pokazali da se u roku izvršenja radova može uštedjeti 2 mjeseca, bez dodatnih troškova. S povećanjem troškova od svega 1% mogao se rok dovršenja radova skratiti za daljnja dva mjeseca;

— grupa planera, koja je radila po staroj metodi, ustanovila je, da se broj kritičkih isporuka penje na 156; po novoj metodi kritične isporuke su se svele na svega 7. Od ovih 7 kritičkih isporuka 3 nisu bile u ranijem broju od 156 utvrđenih kritičkih isporuka;

— na osnovu 30% projektnih informacija, nova metoda je predskazala, s visokim stupnjem tačnosti, krivulju potrebne radne snage za izvršenje radova. Ovi rezultati znatno su bolji od postignutih primjenom stare metode planiranja i programiranja radova.

Nova metoda planiranja i programiranja rada sama od sebe daje mogućnost da se, zbog složenosti vidova i vrsta radova, od kojih se sastoji jedan suvremeni zadatak, sistem plana pojednostavni. Ona tako reći automaski isključuje mogućnost grešaka zbog izostavljanja raznih radova, grešaka logike i tehnike rada.

Tehnika izrade grafičkog dijagrama za novu metodu planiranja i programiranja rada je jednostavna za izradu i kasnije praćenje tokom realizacije zadatka, jer na prvi pogled pokazuje unutarnju međuzavisnost radova. Čak i više, ona pruža mogućnost da se odmah računskim putem utvrdi kritični put. Unošenje izmjena u plan i program je jednostavno i uz znatno isključenje mogućnosti grešaka.

Problem cijena je također uključen u metodu. Na jednostavan način je moguće sagledati i izračunati i najmanje troškove za pojedine radove i ostvarenje čitavog zadatka.

U slučaju neočekivanog odlaganja izvršenja jednog ili više radova unutar zadatka, koje normalno zahtijeva reviziju plana, postoji laka i jednostavna mogućnost utvrđenja radova u zadatku, čije se ostvarenje mora ubrzati i što takvo ubrzanje znači za čitav zadatak i njegovu ukupnu cijenu koštanja.

Dosadašnja iskustva su pokazala, da nova metoda ima vrlo široko područje primjene. Ispitivanja firme Du Pont su utvrdila da se ona može vrlo uspješno upotrijebiti u planiranju i programiranju održavanja postrojenja i da se primjenom ove metode operacije održavanja mogu predskazati sa tačnošću od 90%.

Primjenom ove metode firma Du Pont je smanjila vrijeme remonta od 125 na 93 sata.

Ocijenjeno je, da će firma Du Pont u prvoj godini primjene ove metode uštedjeti 5 puta više nego što su iznosili troškovi proučavanja i razvijanja metode kritičnog puta.

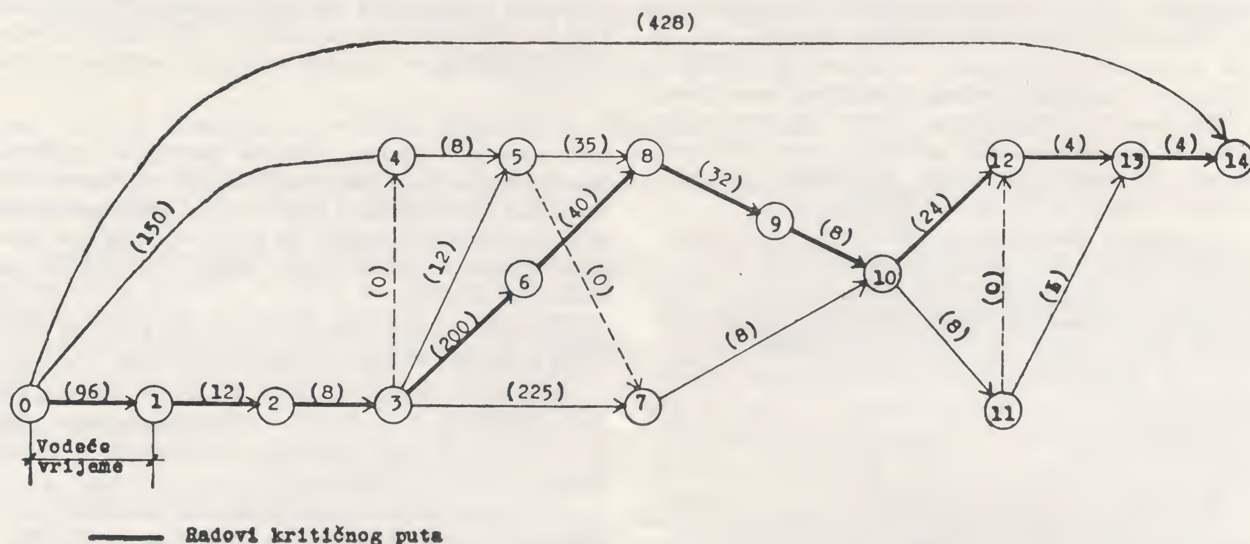
Početna iskustva u Loisville (firma Du Pont) i iskustva drugih kompanija pokazuju da se širokom primjenom ove metode u planiranju i programiranju održavanja mogu uštedjeti iznosi i do 500.000 dolara. Praksa je pokazala, da su u izgradnji novih postrojenja moguće znatne uštede, ako se primijeni ova metoda.

Primjer firme Du Pont slijedile su druge velike kompanije. Novu metodu već primjenjuju DOW CHEMICAL, UNION CARBIDE, PERRY RAND, I.B.M., PERINI itd., ANGLIN — NORCROSS, WASHINGTON GASLIGHT, R.C.A. CATALYTIC CONSTRUCTION i mnoge druge velike firme. Ocjenjuje se da će u roku od 5 godina većina velikih poduzeća upotrebljavati za planiranje i programiranje rada metodu kritičnog puta, a njihove uštede će se ovom primjenom penjati na stotine hiljada dolara.

Već sada se može tvrditi, da će se nova metoda planiranja i programiranja rada primijeniti u veoma širokim razmjerima u raznim djelatnostima ljudskog rada. Do sada je primjenjivana u projektiranju, nabavkama, izgradnji industrijskih postrojenja, na području proizvodnje i remonta velikih postrojenja. Buduća primjena se predviđa u planiranju proizvodnje, obnovi postrojenja, brodogradnji, pripremi starta raketa, istražnim radovima i razvojnim projektima, općem planiranju, programiranju sistema, u reklami, optimatizaciji procesa rada i kontroli izuma.

Radi ilustracije prikazat ćemo jedan originalni primjer planiranja i programiranja rada po metodi kritičnog puta (vidi sliku 1. Primjer se sastoji od strijelnog dijagrama i njegovog računskog rješenja, koji su izrađeni za zamjenu jedne dotrajale sekcije jednog unutrašnjeg cijevovoda.

Strijelni dijagram je izrađen po principu strijela po strijela, vodeći računa o radovima koji slijede jedan drugog i onim radovima koji se odvijaju istovremeno. U strijelnom dijagramu je potrebno ukazati na fiktivnu strijelu 5,7. Ona pokazuje da početak rada 7,10 zavisi o završetku rada 3,7 i 4,5. Međutim, rad 5,8 je nezavisan od rada



Sl. 1: Strijelni dijagram izrađen za zamjenu jedne sekcije unutarnjeg vodovoda

3,7, ali se odvija istovremeno s radom 7,10. Upotreba fiktivne strijele dovoljno uočljivo pokazuje ove međuveze. Kritični put označen je u strijelnom dijagramu s debljom duplom crtom.

Uz prikaz strijelnog dijagrama daje se tabelarni pregled računskog rješenja, kojim je utvrđen kritični put (vidi tabelu 1).

II. Osnove planiranja i programiranja rada pomoću metode kritičnog puta

Metoda kritičnog puta dijeli planiranje rada u dvije potpuno odvojene funkcije: u plansku funkciju i vremensku funkciju.

Pod planskom funkcijom podrazumijeva se isključivo utvrđivanje tehnologije koja je potrebna

Tabela 1

Računsko rješenje problema zamjene jedne sekcije unutarnjeg cijevovoda

Oznaka rada	VRSTA RADA	Trajanje rada h D(I.J.)	Najraniji		Najkasniji		Slob. vrijeme		Krit. put
			Počet. ES	Završ. EF	Počet. LS	Završ. LF	Ukup. TF	Rasp. FF	
0,1	Prikupljanje radnika (vodeće vrijeme)	96	0	96	0	96	0	0	x
0,4	Rok do kada stari cijevovod mora ostati u pogonu	150	0	150	163	313	163	0	
1,2	Izrada snimke i crteža cijevovoda	12	96	108	96	108	0	0	x
2,3	Izrada popisa materijala	8	108	116	108	116	0	0	x
3,5	Izrada radne skele	12	116	128	309	321	193	30	
3,6	Isporuka cijevi	200	116	316	116	316	0	0	x
3,7	Isporuka ventila	225	116	341	163	388	47	0	
4,5	Stavljanje cijevovoda van pogona	8	150	158	313	321	163	0	
5,8	Skidanje cijevi	35	158	193	321	356	163	163	
6,8	Prefabriciranje novih cijevi	40	316	356	316	356	0	0	x
7,10	Montaža ventila	8	341	349	388	396	47	47	
8,9	Polaganje novih cijevi	32	356	388	356	388	0	0	x
9,10	Varenje cijevi	8	388	396	388	396	0	0	x
10,11	Priključak ventila	8	396	404	410	418	16	0	
10,12	Izolacija cijevi	24	396	420	396	420	0	0	x
11,13	Probni tlak cijevovoda	6	404	410	418	424	14	14	
12,13	Skidanje radne skele	4	420	424	420	424	0	0	x
13,14	Čišćenje radilišta	4	424	428	424	428	0	0	x

da se ostvari određeni zadatak, odnosno utvrđivanje vrste radova, koji su potrebni da se taj zadatak ostvari. U metodi kritičnog puta planiranje radova se obavlja grafički pomoću strijelnog dijagrama.

Pod vremenskom funkcijom podrazumijeva se utvrđivanje vremena koje je potrebno da se zadatak ostvari. Utvrđivanje vremena potrebnog da se ostvari određeni zadatak je računskim putem, pomoću računske metode posebno razrađene za ovu svrhu.

U metodi planiranja pomoću kritičnog puta ove dvije funkcije — planska i vremenska — se utvrđuju odvojeno.

1. Planska funkcija — planiranje tehnologije rada i izrada strijelnog dijagrama

Pod pojmom planiranja tehnologije rada podrazumijeva se utvrđivanje svih vrsta radova koji su potrebni da se ostvari jedan zadatak, kao i utvrđivanje redoslijeda u kojem će se ti radovi odvijati. U suštini planiranje obuhvaća samo analizu tehnološkog dijela rada i utvrđivanje njegovog logičnog redoslijeda.

Analiza tehnologije potrebne da se ostvari jedan zadatak obavlja se kroz izradu strijelnog dijagrama. Tehnika izrade strijelnog dijagrama je takva da nameće sigurnu kontrolu planiranja radova. Time se spriječavaju nedosljednosti i kasniji nesporazumi, koji su česta pojava u linearnoj metodi planiranja i programiranja rada, a koji se pojavljuju tek za vrijeme realizacije kada je već kasno da se na jedan efikasan način spriječe plansko-programske greške.

Kako napreduje izrada strijelnog dijagrama, tako se izrađuje i jasna slika zavisnosti svih radova koji su potrebni da se ostvari određeni zadatak. Time se istovremeno izrađuju i određuju zadaci i odgovornost svih onih koji će sudjelovati u ostvarenju planiranog zadatka.

Tehnika izrade strijelnog dijagrama može se podijeliti u dva dijela:

— utvrđivanje svih radova od kojih se sastoji jedan zadatak, i
— izrada strijelnog dijagrama za te radove.

1.1. Utvrđivanje radova od kojih se sastoji zadatak

Svaki zadatak se sastoji od većeg ili manjeg broja radova, poslova tehnoloških procesa ili njegovih dijelova i sl., koji se moraju obaviti da bi se ostvario predviđeni zadatak. Poželjno je da se prije izrade strijelnog dijagrama analiziraju i utvrde svi ti radovi. Nije neophodno da se u času utvrđivanja radova utvrđuje i njihov tehnološki redoslijed, ali je važno da se zaista utvrde, sagledaju i popišu svi radovi koji su potrebni za ostvarenje dotičnog zadatka.

Kao primjer navodi se popis radova koji su potrebni da se ostvari zadatak prikazan u strijelnom dijagramu u slici 1, a koji su nabrojani u rubrici »vrsta rada« u tabeli 1.

1.2. Izrada strijelnog dijagrama

U svakom zadatku radovi ili slijede jedan drugog ili se odvijaju istovremeno. Strijelnim dijagramom se određuje redoslijed ili istovremenost odvijanja pojedinih radova.

Strijelni dijagram se izrađuje međusobnim nadovezivanjem ili povezivanjem strijela, koje predstavljaju radove, u okviru određenog zadatka. Jedna strijela označava postojanje jednog rada, kao i smjer kretanja njegovog vremenskog toka. Strijele su međusobno spojene u čvorovima, koji pokazuju međusobnu povezanost radova.

Izrada strijelnog dijagrama je temelj na kojem počiva metoda planiranja pomoću kritičnog puta. Strijelni dijagram na očigledan grafički način prikazuje sve radove koje treba obaviti da bi se ostvario određeni zadatak, kao i tehnološki redoslijed u kojem se ti radovi moraju odvijati.

U nastavku ćemo opisati sastav i način izrade strijelnog dijagrama:

1.2.1. Strijelni dijagram se sastoji od strijela. Razlikujemo tri vrste strijela:

— strijele koje označavaju određeni rad, posao, tehnološki proces ili njegove dijelove i sl.
— fiktivne strijele, i
— strijele vremenskog ograničenja.

Svi primjeri koje spominjemo u daljnjem tekstu odnose se na strijelni dijagram, koji je prikazan u slici 1, ili njegove dijelove.

1.2.2. Bez obzira na vrstu, strijele se označavaju s brojevima u čvorovima koji sačinjavaju korijen i glavu strijela. Osim toga glava strijele se označava s malom strijelicom, koja također na očigledan način prikazuje smjer kretanja rada odnosno smjer kretanja njegovog vremenskog toka.

U sl. 1a oznake broj 1, 2 i 3 označavaju čvorove, a istodobno i korijene i glave strijela. Broj 1 označava korijen, a broj 2 glavu strijele 1,2. Čvor 2 označava korijen, a broj 3 glavu strijele 2,3 itd.

1.2.2.1. Brojevi koji označavaju strijele mogu se u strijelnom dijagramu upisivati proizvoljno i ne moraju slijediti jedan drugog, ali se unutar jednog strijelnog dijagrama ne mogu ponavljati. Na primjer strijele 3,5, 3, 6, 6,8 i 5,8 u slici 1.

1.2.3. Svaki rad u okviru određenog zadatka prikazuje se jednom strijelom. Strijela koja prikazuje rad označava se punom crtom, na primjer strijele 0,1, 1,2, 2,3, 3,7, 4,5 i sl.

1.2.4. Rad čija strijelna glava nosi isti broj kao korijen slijedećeg rada mora prethoditi taj rad.

Rad prikazan strijelom 1,2 mora prethoditi radu koji je prikazan strijelom 2,3.

1.2.5. Rad čiji strijelni korijen nosi isti broj kao glava prethodnog rada, mora neposredno slijediti taj rad.

Rad 7,10 slijedi nakon završenog rada 3,7.

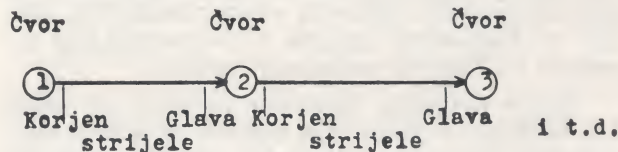
1.2.6. Radovi čiji strijelni korijeni nose isti broj, moraju se izvoditi istovremeno.

Rad 3,5, 3,6 i 3,7 odvijaju se istovremeno.

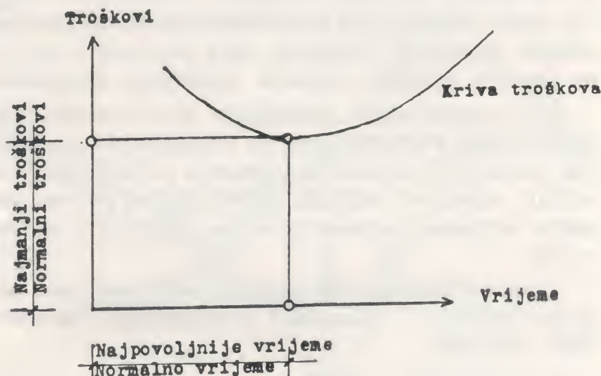
1.2.7. Radi logičnog upotpunjenja strijelnog dijagrama uvode se fiktivne strijele, koje predstavljaju fiktivni rad.

Fiktivne strijele se u strijelnom dijagramu označavaju crtkano, na primjer strijela 3,4 i 5,7.

1.2.8. Fiktivne strijele služe da bi se prikazala međusobna povezanost radova, kada se to ne može prikazati normalnim međusobnim povezivanjem strijela koje prikazuju radove.



Sl. 1a



Sl. 2

Fiktivna strijela 3,4 prikazuje da radovi s glavama 3 i 4 prethode radu 4,5, a to je rad 2,3 i 0,4. Odnosno rad 4,5 odvija se istovremeno s radom 3,5, 3,6 i 3,7.

Fiktivna strijela 5,7 prikazuje da radovi s glavama 5 i 7 prethode radu 7,10, a to su radovi 4,5, 3,5 i 3,7. Odnosno rad 5,8 odvija se istovremeno s radom 7,10.

1.2.9. Strijele vremenskog ograničenja objasnit ćemo u slijedećem stavu, jer su usko vezane s vremenskom funkcijom zadatka.

2. Vremenska funkcija — vremensko programiranje rada

Naprijed opisana pravila omogućavaju da se utvrdi, opiše i sagleda tehnologija jednog zadatka i njen pravilan i logičan redoslijed. Međutim, to nije dovoljno jer plan bez vremenske funkcije nije plan.

Pod vremenskom funkcijom se porazumijeva uključenje vremena u plan tj. povezivanje strijelnog dijagrama s vremenom. Za ovaj rad izabran je termin vremensko programiranje rada.

Vremensko programiranje rada se sastoji od utvrđivanja vremena trajanja svakog pojedinog rada, odnosno čitavog zadatka i utvrđivanja kritičnog puta.

U nastavku će se objasniti osnovna pravila i tehniku programiranja radova odnosno uključenja vremenske funkcije u strijelni dijagram.

2.1. Vremensko trajanje rada i način njegovog utvrđivanja

Svaki rad ima svoje vremensko trajanje, osim fiktivnih radova čije vremensko trajanje je jednako nuli.

Vremensko trajanje rada od prvorazrednog je značenja za koštanje čitavog zadatka. Zato je potrebno da se kaže nekoliko riječi o ekonomskom aspektu programiranja rada.

Ako se pretpostavi da su troškovi za ugrađeni materijal svedeni u optimalne granice izborom najpovoljnije tehnologije rada, tada na cijenu koštanja jednog proizvoda presudno utječu troškovi koji su usko vezani s vremenom trajanja rada. Jednostavno rečeno, vrijeme je ono koje košta. Kod svakog rada (uz pretpostavku da su uzeti u obzir svi oni elementi na koje utječe vrijeme) postoji jedno vremensko razdoblje u kojem su troškovi koji su vezani za vrijeme — najmanji. Grafički prikazano je to na sl. 2.

Područje krive gdje su troškovi najmanji predstavlja normalne troškove, a radno vrijeme koje odgovara tom području naziva se normalno radno vrijeme ili maksimalno.

U načelu, za svaki rad, u okviru određenog zadatka, za koji se izrađuje strijelni dijagram i određuje kritični put, trebalo bi izraditi kalkulacije koje će omogućiti izbor normalnog radnog vremena, u zavisnosti od normalnih troškova. Bez takvih kalkulacija je primjena metode kritičnog puta nepotpuna i promašena stvar. Zato se izbor dužine radnog vremena za pojedine radove unutar jednog zadatka ne smije prepustiti samo tehničkim mogućnostima izvršenja rada, već ga treba izabrati na osnovu kalkulacija za svaki pojedini rad.

2.1.1. Vremensko trajanje rada, dobiveno na osnovu kalkulacija troškova, upisuje se u strijelni dijagram u sredini strijele, obično u zagradi.

Broj (35) u sredini strijele 5,8 znači da dotični rad traje 35 sati, dana ili bilo koje drugo vremensko razdoblje koje je izabrano za označavanje jedinice vremena.

2.1.2. U tekstu ili računskim operacjama vrijeme se označava kao posljednja brojka uz brojeve koji oznanačavaju rad, odnosno njegov korijen i glavu. Na primjer 5,8,35 znači da rad 5,8 traje 35 sati, dana ili sl.

2.1.3. Prvi rad u strijelnom dijagramu naziva se »vodeće vrijeme« i služi za računanje rokova početka i završetka zadatka. Označava se kao što je navedeno pod tačkom 2.1.1 i 2.1.2 s tom razlikom da vremenska oznaka u zagradi kod vodećeg vremena može da označava kalendarski dan ili sat početka izvršenja zadatka, tj. početka rada na prvom stvarnom radu dotičnog zadatka.

Na slici 1 je vodeće vrijeme prikazano strijelom 0,1 i označava se kao treća brojka uz oznaku stri-

jele 0,1,96. To znači da izvršenje radova na radu 1,2 treba da započne 96 sati nakon starta na izvršenju zadatka.

2.1.4. Vremenska ograničenja u izvršenju pojedinih radova označavaju se pomoću strijela vremenskog ograničenja. Ove strijele se u strijelnom dijagramu prikazuju krivom linijom. Označavanje ovih strijela je na isti način kao za strijele koje označavaju određeni rad.

Strijela 0,4,150 označava vrijeme u kojem cjevovod mora biti još u goponu, a to je 150 sati od starta na poslu, označenog strijelom 0,1.

2.1.5. Vrijeme koje je predviđeno za isporuku materijala može biti spojeno s kalendarskim rokovima, kao što je to navedeno pod 2.1.4. Ali može predstavljati vremensko razdoblje sukcesivne isporuke materijala.

U strijeli 3,6,200 posljednja brojka 200 znači da će se materijal isporučiti u vremenskom razdoblju od 200 sati, dana ili slično vremensko razdoblje, odnosno da će se materijal 3,6 isporučiti u vremenskom periodu od 200 dana nakon završetka rada 2,3,8.

2.2 Određivanje kritičnog puta

Pod pojmom kritičnog puta (engleski izraz »Critical Path«) podrazumijevaju se oni radovi slijedeći jedan drugog, tvoreći niz radova koji određuju najveće vremensko trajanje čitavog zadatka. Svako odlaganje s početkom ili završetkom bilo kojeg od radova koji tvore kritični put, odlažu dovršenje čitavog zadatka za jednaki vremenski period. S druge strane, neki radovi unutar čitavog zadatka imaju »slobodnog vremena« i mogu se pomjerati u određenim ograničenim vremenskim granicama bez da utječu na rok početka ili dovršetka ostalih radova ili čitavog zadatka.

Nakon što je završen rad na izradi strijelnog dijagrama i nakon što je utvrđeno vremensko trajanje svakog pojedinog rada u zavisnosti od normalne cijene koštanja, tada se pristupa računskoj analizi odnosno utvrđivanju kritičnog puta ili kritičnog toka radova unutar određenog zadatka.

Za utvrđivanje kritičnog puta razrađena je posebna računska tehnika. Računske operacije, koje su potrebne, mogu se obaviti ručno i elektronskim računskim strojevima.

Vrijeme potrebno elektronskim računskim strojevima za izračunavanje kritičnog puta za velike i složene zadatke je vrlo kratko. Tako je, na primjer, za utvrđivanje kritičnog puta i slobodnog vremena za zadatak koji se sastoji od 1000 raznih radova, potrebno oko 2 sata rada elektronskih računskih strojeva.* Naravno, računske se operacije za ovaj isti zadatak mogu obaviti i ručno, ali tada treba znatno više rada i vremena.

Elektronski računski strojevi upotrebljavaju se za utvrđivanje kritičnog puta i slobodnog vremena za velike zadatke sa znatnim brojevima radova (do 2000) i kada se želi dobiti potpuna i tačna slika odnosa vremena i cijena radova, tj. kada se žele dobiti sigurni podaci za plan i program koji će predstavljati najmanje proizvodne troškove.

U tehnici izračunavanja kritičnog puta primjenjuju se slijedeći pojmovi, oznake i obrasci:

I — Korijen strijele koja označava rad, fiktivnu strijelu ili strijelu koja označava vremensko ograničenje.

J — Glava strijele koja označava rad, fiktivnu strijelu ili strijelu koja označava vremensko ograničenje.

N — Čvor strijelnog dijagrama, koji može biti glava ili korijen strijele koja označava rad, fiktivnu strijelu ili strijelu koja označava vremensko ograničenje.

D (I,J) — Vremensko trajanje rada između korijena I i glave J strijele koja označava rad, ili strijelu vremenskog ograničenja. Vrijeme fiktivne strijele je nula, pa ona nema vremenskog trajanja rada.

Ove oznake mogu se grafički prikazati kao u sl. 3.

λ — Minimalno vrijeme završenja čitavog zadatka.

TI (N) — Najranije vrijeme početka rada, čiji strijelni korijen leži u čvoru N, a koje će osigurati minimalno moguće radno vrijeme za izvršenje čitavog zadatka.

TI (N) vrijednosti izvode se za svaki čvor strijelnog dijagrama pomoću obrasca:

$$TI(J) = T(I) + D(I, J)$$

Izvođenje TI (J) vrijednosti počinje s prvim čvorom strijelnog dijagrama. Za taj čvor učvršćuje se vrijeme trajanja jednako nula tj.:

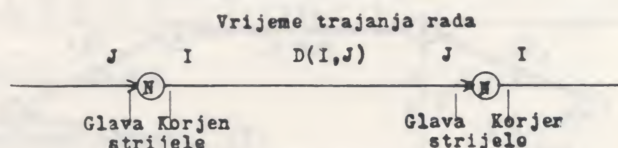
$$TI\,(\text{prvi čvor}) = 0$$

Najveća vrijednost koja se dobije za TI (J) je ispravna vrijednost za dotični čvor.

TI (J) vrijednost za posljednji čvor strijelnog dijagrama TI (posljednji čvor), predstavlja maksimalno vrijeme potrebno za izvršenje zadatka:

$$TI\,(\text{zadnji čvor}) = \lambda$$

TJ (N) — Najkasnije vrijeme završetka rada, čija strijelna glava leži u čvoru N, a koje će osigurati minimalno moguće radno vrijeme za završenje čitavog zadatka.



Sl. 3

* Za taj način računanja potrebno je prethodno izraditi program, odnosno način rada, što je u stvari složeni posao.

TJ (N) vrijednosti izvode se za svaki čvor strijelnog dijagrama pomoću obrasca:

$$TJ\ (I) = TJ\ (J) - D\ (I, J)$$

Izvođenje TJ (I) vrijednosti počinje od posljednjeg čvora strijelnog dijagrama. Budući TI (posljednji čvor) je jednako TJ (posljednji čvor), a sve skupa jednako λ, to izvođenje TJ (I) vrijednosti počinje sa:

$$TJ\ (\text{posljednji čvor}) = \lambda$$

Najmanja vrijednost koja se dobiva za TJ (I) je ispravna vrijednost za dotični čvor.

ES — Najranije vrijeme početka radova. Isto kao TI(N), pa je ES prema tome jednako ES = TI(I)

EF — Najranije vrijeme završetka radova, koje je jednako:

$$EF = ES + D\ (I, J)$$

LF — Najkasnije vrijeme završetka radova. Isto kao TJ (N), pa je LF prema tome jednako:

$$LF = TJ\ (J)$$

LS — Najkasnije vrijeme početka radova, koje je jednako:

$$LS = LF - D\ (I, J)$$

TF — Ukupno slobodno vrijeme. Vremenska dužina za koju se može odgoditi početak jednog rada, bez da se mijenja minimalno vrijeme završenja čitavog projekta. TF se izračunava pomoću slijedećeg obrasca:

$$TF = LS - ES$$

FF — Raspoloživo slobodno vrijeme. Vremenska dužina za koju se može odgoditi početak jednog rada, bez da se mijenja ES tj. najranije vrijeme početka rada za slijedeći rad. FF se izračunava pomoću slijedećeg obrasca:

$$FF = TI\ (J) - EF$$

Kritični put tvore oni radovi čiji su TF i FF jednaki nula.

Praćenje ostvarenja planiranog i programiranog zadatka po metodi kritičnog puta je neophodno ne samo zato što to metoda traži nego i zbog toga što se rukovođenje ne može zamisliti bez evidencije. I ovdje metoda kritičnog puta pokazuje i potvrđuje svoje vrijednosti nad klasičnim metodama. Normalna kontrola napredovanja rada nije potrebna za sve radove već samo za one koji tvore kritični put. A tih ima znatno manji broj, pa je i kontrola jednostavnija i zato može biti efikasnija. U primjeru koji je naveden u slici 1 i tabeli 1, od ukupno 18 vrsti radova dovoljno je pratiti realizaciju samo za 10 kritičnih radova. Evidencija, koja se ustrojava za praćenje radova kritičnog puta, mora biti usklađena s planskim i programskim podacima kako bi bila usporediva s tim podacima. Inače je beskorisna.

III. Praktični primjer

Ranije opisani pojmovi, oznake i obrasci najbolje će se shvatiti ako se izradi jedan jednostavni primjer.

U izračunavanju kritičnog puta primjenjuje se slijedeći postupak:

1. Analizira se zadatak, ustanove i opišu radovi koji su potrebni da se zadatak ostvari, kako je to opisano i objašnjeno pod II/1.1.

Zadatak za koji će se izraditi strijelni dijagram i utvrditi kritični put, sastoji se od 6 tehnoloških različitih radova. Pretpostavlja se, da je izrađen spisak radova koji nose redne brojeve od 1 do 6. Pretpostavlja se da su svi radovi detaljno analizirani i opisani u spomenutom spisku. Time su predradnje za izradu strijelnog dijagrama završene.

2. Izrađuje se strijelni dijagram sastavljen od strijela, kako je to objašnjeno pod II/1.2.

Vodeći računa o tehnološkom i logičnom slijedu radova, izrađen je slijedeći strijelni dijagram za spomenuti zadatak (sl. 4).

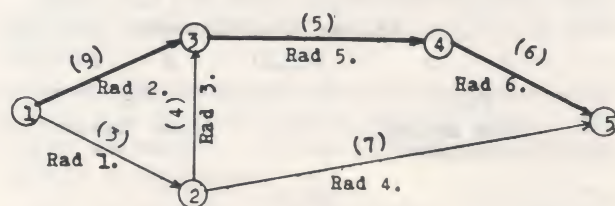
U dijagramu rad 1. dobio je oznake 1,2

rad	2.	„	„	„	1,3
„	3.	„	„	„	2,3
„	4.	„	„	„	2,5
„	5.	„	„	„	3,4
„	6.	„	„	„	4,5.

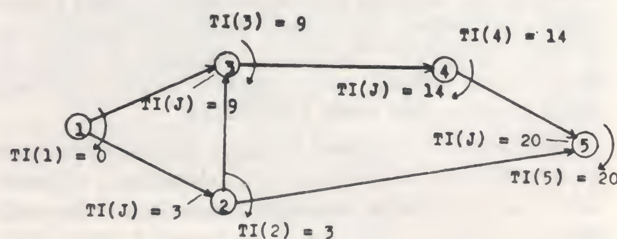
Tokom izrade strijelnog dijagrama utvrđena je međusobna povezanost ovih radova, koja je jasno uočljiva iz samog dijagrama. On pokazuje:

— da rad označen strijelom 1,2, prethodi radu 2,3 i 2,5, odnosno da rad 2,3 i 2,5 slijede rad 1,2

— da rad 1,3 i 2,3 prethode radu 3,4, odnosno da rad 3,4 slijedi rad 1,3 i 2,3;



Sl. 4



Sl. 5

— da rad 3,4 prethodi radu 4,5, odnosno da rad 4,5 slijedi rad 3,4

— da se radovi 1,2 i 2,3 odvijaju istovremeno s radom 1,3;

— da se rad 3,4 i 4,5 odvija istovremeno s radom 2,5.

3. Na osnovu analiza koštanja utvrđeno je normalno trajanje radova, koje se kreće ovako:

Za rad 1,2 normalno trajanje iznosi 3 radna dana
„ „ 1,3 „ „ „ 9 „ „
„ „ 2,3 „ „ „ 4 „ „
„ „ 2,5 „ „ „ 7 „ „
„ „ 3,4 „ „ „ 5 „ „
„ „ 4,5 „ „ „ 6 „ „

Pod radnim danom podrazumijeva se 8 sati rada. Radni dani su upisani u strijelni dijagram, koji je time dobio svoj konačni oblik, kako je to prikazano u sl. 4.

4. Pripremi se tabela za popunjavanje slijedećih potadaka:

I, J, D (I, J), ES, EF, LS, LF, TF i FF. U ovoj tabeli svaki rad dobiva po jednu crtu, a označava se korijenom I i glavom J strijele. Podaci za I, J, i D(I, J) upisuju se iz crteža strijelnog dijagrama pod rednim brojem 3. Ostali podaci ES, EF, LS, LF, TF i FF upisat će se nakon završenih računskih operacija.

Sl. 6

Upisuje se iz strijelnog dijagrama			Ove vrijednosti će se upisivati nakon završenih računskih operacija					
I	J	D(I, J)	ES	EF	LS	LF	TF	FF
1	2	3						
1	3	9						
2	3	4						
2	5	7						
3	4	5						
4	5	6						

5. Pomoću podataka iz strijelnog dijagrama, odnosno iz date tabele, izvode se TI(N) vrijednosti iz obrasca koji je naveden pod II/2.2, uvrštavajući za TI(1) = 0 dana.

RAD	ES	EF	LS	LF	TF	FF	RADNI DANI																				PRIMJEDBE
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1,2	0	3	2	5	2	0	TF																				
1,3	0	9	0	9	0	0																					
2,3	3	7	5	9	2	2				TF	FF																
2,5	3	10	13	20	10	10								TF	FF												
3,4	9	14	9	14	0	0																					
4,5	14	20	14	20	0	0																					

Moguće skraćenje čitavog zadatka

Najraniji početak i najraniji završetak radova

Najkasniji početak i najkasniji završetak radova

Radovi koji leže na kritičnom putu

Sl. 7: Kalendarski plan za zadatak riješen pomoću metode kritičnog puta

$TI(1) \stackrel{?}{=} 0$

$TI(2) \stackrel{?}{=} TI(1) + D(1,2) = 0 + 3 = 3$

$TI(3) \stackrel{?}{=} TI(1) + D(1,3) = 0 + 9 = 9$

$TI(3) \stackrel{?}{=} TI(2) + D(2,3) = 3 + 4 = 7$

$TI(4) \stackrel{?}{=} TI(3) + D(3,4) = 9 + 5 = 14.$

Za TI(3) uvršćuje se najveća dobijena vrijednost tj. 9, a ne 7 dana.

$TI(5) \stackrel{?}{=} TI(2) + D(2,5) = 3 + 7 = 10$

$TI(5) \stackrel{?}{=} TI(4) + D(4,5) = 14 + 6 = 20.$

Ispravne TI vrijednosti su najveće dobijene vrijednosti za dotični čvor.

Prema tome ispravne su ove vrijednosti:

za TI(1) čvor = 0 dana
za TI(2) „ = 3 „
za TI(3) „ = 9 „
za TI(4) „ = 14 „
za TI(5) „ = 20 „

Budući je minimalno vrijeme — za dovršenje čitavog zadatka — λ = TI (zadnji čvor), to je u konkretnom slučaju:

$$\lambda = TI(5) = 20 \text{ dana}$$

6. Na isti se način izvode vrijednosti za TJ(N) pomoću podataka iz strijelnog dijagrama, odnosno ove tabele, a pomoću obrasca koji je naveden pod II/2.2.

Budući je $TI(5) = \lambda = TJ(5)$,
to je TJ(5) = 20 dana,
dok će ostale vrijednosti biti jednake:

$TJ(4) \stackrel{?}{=} TJ(5) - D(4,5) = 20-6 = 14$

$TJ(3) \stackrel{?}{=} TJ(4) - D(3,4) = 14-5 = 9$

$TJ(2) \stackrel{?}{=} TJ(3) - D(2,3) = 9-4 = 5$

$TJ(2) \stackrel{?}{=} TJ(5) - D(2,5) = 20-7 = 13$

$TJ(1) \stackrel{?}{=} TJ(3) - D(1,3) = 9-9 = 0$

$TJ(1) \stackrel{?}{=} TJ(2) - D(1,2) = 5-3 = 2.$

Za TJ(2) uvršćuje se najmanja dobijena vrijednost tj. 5, a ne 13 dana.

Ispravne TJ vrijednosti su najmanje dobijene vrijednosti za dotični čvor.

Prema tome ispravne su ove vrijednosti:

za TJ(1) čvor = 0 dana
za TJ(2) „ = 5 „
za TJ(3) „ = 9 „
za TJ(4) „ = 14 „
za TJ(5) „ = 20 „

7. Na osnovu ovih podataka za TI(N) i TJ(N) izračunaju se podaci za ES, EF, LF, LS, TF i FF za svaki pojedini rad.

Najjednostavnije se to postiže pomoću tabele u koju se najprije uvrste ispravne vrijednosti za TI(I) i TJ(J).

Podaci za najranije vrijeme početka radova ES = TI(I) dobiju se iz proračuna pod rednim brojem 5. Radi lakšeg shvaćanja i uočavanja odnosa između TI računa, koji se odnosi na čvorove i strijele, odnosno radove, najbolje je da se podaci za TI(1) do TI(5) upišu u strijelni dijagram, (sl. 5).

U ovom dijagramu su potpuno jasne TI vrijednosti za svaku strijelu odnosno za svaki rad.

Podaci za najkasnije vrijeme završetka radova LF = TJ(I) dobiju se na isti način, ali na osnovu proračuna pod rednim brojem 6.

Odnosi TJ(1) do TJ(5) jasni su iz strijelnog dijagrama na sl. 6.

Tabela za proračun ES, EF, LF, LS, TF i FF vrijednosti

Oznaka rada	Najraniji Start ES = TI(I)	Najraniji Završetak EF = ES + D(IJ)	Najkasniji Završetak LF = TJ(J)	Najkasniji Start LS = LF — D(IJ)	Slobodno vrijeme Ukupno TF = LS — ES	Slobodno vrijeme Raspoloživo FF = TI(J) — EF
1,2	0	0 + 3 = 3	5	5 — 3 = 2	2 — 0 = 2	3 — 3 = 0
1,3	0	0 + 9 = 9	9	9 — 9 = 0	0 — 0 = 0	9 — 9 = 0
2,3	3	3 + 4 = 7	9	9 — 4 = 5	5 — 3 = 0	9 — 7 = 2
2,5	3	3 + 7 = 10	20	20 — 7 = 13	13 — 3 = 10	20 — 10 = 10
3,4	9	9 + 5 = 14	14	14 — 5 = 9	9 — 9 = 0	14 — 14 = 0
4,5	14	14 + 6 = 20	20	20 — 6 = 14	14 — 14 = 0	20 — 20 = 0

Vrijednosti D(I,J) uzete su iz tabele navedene pod rednim brojem III/4.

8. Vrijednosti dobivene pod 7. upišu se u tabeli pod 4. koja time dobija slijedeći konačni izgled i koja predstavlja rješenje zadatka:

I	J	D(IJ)	ES	EF	LF	LS	TF	FF	
1	2	3	0	3	5	2	2	0	
1	3	9	0	9	9	0	0	0	x
2	3	4	3	7	9	5	2	2	
2	5	7	3	10	20	13	10	10	
3	4	5	9	14	14	9	0	0	x
4	5	6	14	20	20	14	0	0	x

Radovi čije TF i FF vrijednosti su jednake nuli, označeni u tabeli sa »x« predstavljaju kritični put dotičnog zadatka.

Iz prethodne tabele se vidi da kritični put tvore ovi radovi:

Rad 1,3 u trajanju od 9 dana
Rad 3,4 u trajanju od 5 dana
Rad 3,5 u trajanju od 6 dana

Od ukupno 6 radova, iz kojih se sastoji zadatak, samo 3 su kritična. Za ove radove treba organizirati solidno praćenje ostvarenja zadatka. Za ostale radove dovoljna je povremena kontrola napretka rada.

9. Analizom podataka dobivenih računskim putem treba ispitati da li postoji mogućnost daljnjeg skraćenja minimalnog vremena za završenje čitavog zadatka λ daljnjim skraćenjem kritičnog puta. Naravno. u granicama slobodnog vremena TF i FF i u granicama slobodnog vremena TF i FF i u granicama ekonomske opravdanosti takvog skraćenja.

Iz analize računskih podataka i linearnog grafičkog prikaza se vidi, da bi se krajnji rok dovršenja radova s lakoćom mogao skratiti za 2 dana, tj. za 10%, ako bi se rok završetka za kritični rad 1,3 skratio za isti period, tj. za dva dana, od 9 dana na 7 dana. Opravdanost ovog skraćenja trebalo bi dokumentirati ekonomskom računicom.

10. Pomoću podatka iz tabele, prikazane pod rednim brojem 8, može se na uobičajeni način izraditi kalendarski plan svih radova zadatka. U ovom planu posebno se označuju radovi koji tvore kritični put (vidi sliku 7).

IV. Zaključak

Metoda kritičnog puta predstavlja najnovije dostignuće na području planiranja i programiranja radova. Ona je vanredno interesantna ne samo zbog svojih prednosti nego i zbog svojih koncepcija i sveobuhvatnosti kompleksnog problema planiranja i programiranja rada. Naročito je važna njena uska povezanost s ekonomikom rada, što kod tradicionalnih metoda nije slučaj.

U okviru jednog članka nije bilo moguće detaljnije objašnjenje ove metode, pa je izostavljen prikaz primjene elektronskih računskih strojeva za izvođenje računskih operacija.

Svrha ovog članka je da se pobudi interes stručnog kadra za ovu metodu, a naročito građevinske operative koja od nje može imati velike koristi.

Literatura:

How »Critical-Path« Scheduling Works
Dr Rocco L. Martino — Toronto, Ontario.

PODZEMNI TRAMVAJ

Prof. dr Miroslav Čabrian, Zagreb

(Nastavak)

DRUGI DIO: GRAĐEVINSKA PROBLEMATIKA

3.2.5. Građevinska izvedba tunela

Konstrukcije tunelskog zida, kao i metode izgradnje tunela, za različita gradska podzemna željeznička prometna sredstva (brze gradske željeznice, tramvaji), ne razlikuju se međusobno. Male razlike u dimenzijama svijetlog otvora tunela, uvjetovane različitim profilima vozila i konstrukcijom voznog voda (treća šina ili vozna žica), ne mogu utjecati ni na konstrukciju a niti na izvedbu tunela. Prema tome dolaze u obzir za izgradnju podzemnog tramvaja sve metode koje se upotrebljavaju i za izgradnju podzemne željeznice.

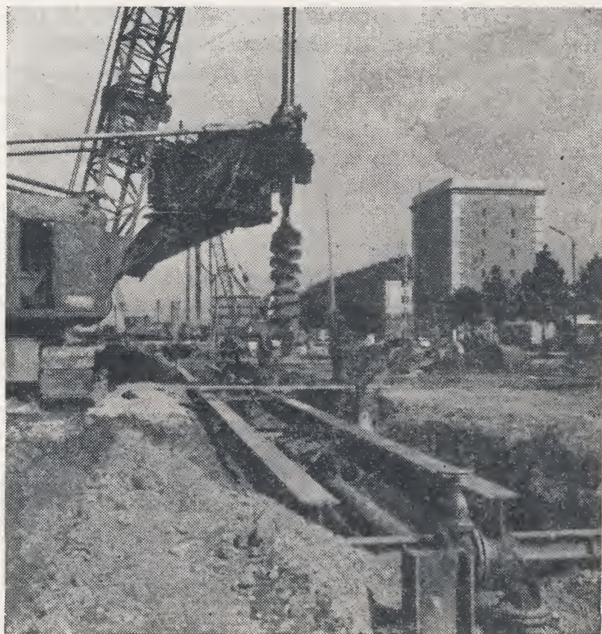
Općenito postoje dvije grupe metoda za izvedbu tunela podzemnih tramvaja, odnosno podzemnih željeznica: a) izvedba u otvorenoj građevnoj jami, i b) izvedba na rudarski način. Kod izvedbe tunela u otvorenoj građevnoj jami bit će uvijek tunel dvokolosječan, a poprečni presjek tunela pačetvorinast. Postoje konstrukcije sa i bez srednjeg reda stupova između obaju kolosijeka, koji stupovi mogu biti montažni, ili betonirani na licu mjesta.

3.2.5.1. Metode s otvorenom građevnom jamom

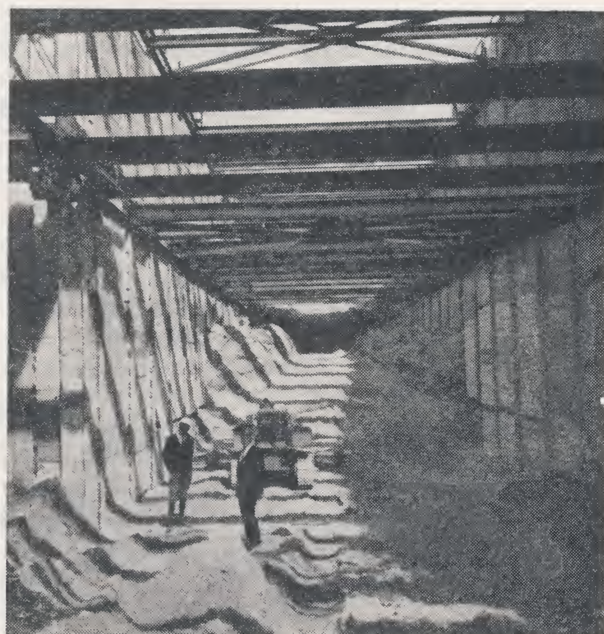
Tunel u pogonu mora biti bezuvjetno suh, koji se zahtjev može ispuniti na dva načina. Ili se tunel izvodi tako da je čitav obuhvaćen izolacionim slojem od bitumena ili tera (tunel »leži« u bitumenu), u kom slučaju prsteni tunela mogu biti duži, beton ne mora biti nepropustan, a spojevi između prstenova se pomno izoliraju izvana. Ili se tunel izvodi iz nepropusnog betona, u kom se slučaju čitav armiranobetonski prsten mora izvesti monolitno, prsteni moraju biti kraći (stezanje betona), a na spojevima između prstenova postizava se nepropusna izolacija pomoću, u oba susjedna prstena, ubetonirane trake od gume ili plastične mase, koja se traka na spoju vulkanizira ili zavari.

Apstrahirajući iznimne slučajeve kad će se tunel moći izvesti u otvorenoj građevnoj jami sa stranicama pod kutom naravnog pokosa, što će biti moguće samo u neizgrađenim predjelima, a što za podzemni tramvaj jedva dolazi u obzir, morat će općenito stranice građevne jame biti vertikalne. Kod sipkih i nestabilnih tala to se može postići ili zabijanjem čeličnog žmurja, ili pomoću tzv. »berlinskog zida«. Kod berlinskog zida se na obim rubovima buduće građevne jame, redovito na međusobnoj udaljenosti od 2,50 m, zabiju u zemlju stupovi od Peiner-nosača, do potrebne dubine ispod donje plohe budućeg tunelskog poda. Umjesto zabijanja stupova, što pravi veliku buku, mogu se nosači umetnuti i u izbušene rupe (sl. 13), koje se mogu, ako je to potrebno, za vrijeme bušenja zaštititi od urušavanja, na čitavoj dubini ili djelomično, čeličnim cijevima (sl. 14). Kod ovog načina rada ne samo da se izbjegava buka nego je moguće donji dio stupa ubetonirati, čime se postizava njegova bolja upetost.

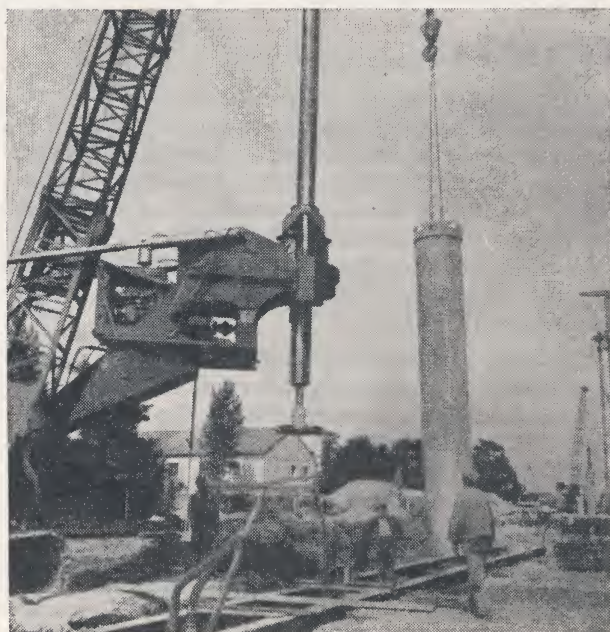
Nakon što su stupovi postavljeni, počinje se s površinskim otkopom građevne jame, uz istovre-



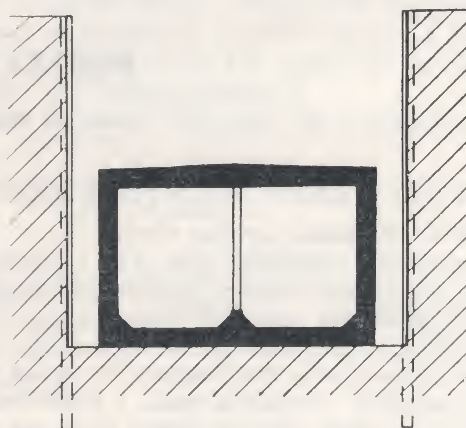
Sl. 13: Bušenje rupa za stupove berlinskog zida (München)

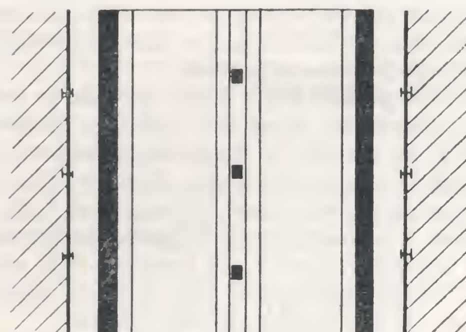


Sl. 15: Otvorena građevna jama, razuprta čeličnim nosačima (München)



Sl. 14: Umetanje čeličnih cijevi, kao zaštita izbušene rupe za stupove od urušavanja (München)



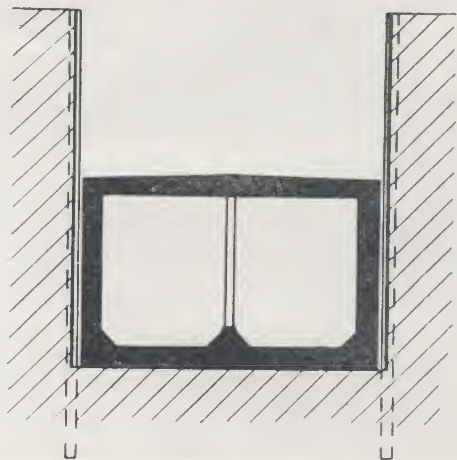


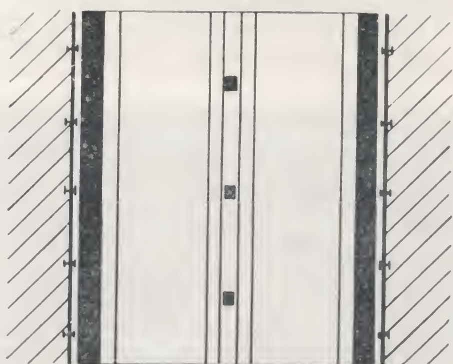
Sl. 16: Berlinski način izvedbe tunela s berlinskim zidom, širina građevne jame podudara se sa širinom tunela [13]

meno umetanje drvenih platica, potrebnih dimenzija, koje se, iza pojasa nosača okrenutog prema građevnoj jami, fiksiraju drvenim klinovima. Oba se berlinska zida, sa svake strane građevne jame, međusobno razupru drvenim, ili, danas redovito, čeličnim (opet P-nosači) ukrućenjima, kojima je moguće pomoću klinova dati i potrebni prednapon, kako bi se zaštitile obližnje građevine, temeljene na plitkim temeljima. Kod normalnih dubina građevnih jama redovito dostaju dva sloja ukrućenja, koji se još, sigurnosti radi, međusobno vežu spregovima u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini (sl. 15).

Ovakva se građevna jama može izvesti u širini koja tačno odgovara vanjskim dimenzijama tunelskog zida (berlinski način) (sl. 16), u kom se slučaju vertikalna izolacija izvodi tako, da se prije betoniranja na platicama, pomoću žičane mreže, izvede sloj žbuke, na koji se stavlja izolacioni sloj. Horizontalna izolacija dna tunela polaže se na izravnjujući sloj betona, ispod konstruktivnog poda.

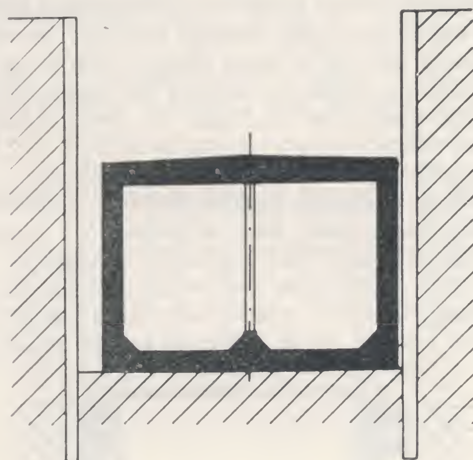
Prednost je opisanog berlinskog načina u uskoj građevnoj jami, ali teškoće mogu nastati kod nejednolikih i tvrđih slojeva jer se tada savijanja stupova kod zabijanja, pa čak i kod bušenja rupa, katkada ne mogu izbjeći. Stupovi se, naime, mogu svinuti i prema građevnoj jami, u kom slučaju se na tom mjestu mora izvesti tunelski zid s oslabljenim presjekom, što se doduše donekle može kompenzirati lokalno pojačanom armaturom. Nadalje se kod izvlačenja stupova, nakon što je tunel izbetoniran, može ozlijediti vertikalni izolacioni sloj, i naposljetku kod ove se metode platice uz tunelsko zide ne mogu više izvući van, te su tako izgubljene. Izvući se mogu samo one platice koje se nalaze iznad tunela. Ova je metoda upotrebiva i kod rada u podzemnoj vodi, u kom slučaju je potrebno razinu podzemne vode spustiti pomoću bunara i pumpanja, ali se tada bunari moraju nalaziti izvan građevne jame.

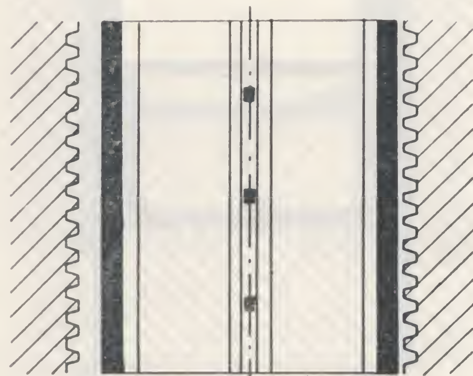




Sl. 17: Hamburški način izvedbe tunela s berlinskim zidom, širina građevne jame je veća od širine tunela [13]

Navedene teškoće s berlinskom metodom, koje dolaze do izražaja kod nejednolikih slojeva i kod velikog pritoka podzemne vode, dovele su do njene modifikacije, poznate pod imenom »hamburška metoda«. Kod hamburške se metode izvodi građevna jama (opet pomoću berlinskog zida) šira od vanjskih dimenzija tunela, tako da do vanjske plohe tunelskog zida ostaje prostor od 80 cm (sl. 17). Ovaj prostor pruža priliku da se u njega smjeste cijevi za ispumpavanje podzemne vode, a osim toga pruža priliku da se vertikalna izolacija izvede na gotovom tunelskom zidu, pa ju je tada moguće izvesti bolje i preciznije, te ne postoji opasnost njenog ozljeđenja prilikom izvlačenja stupova. Za tunelsko zide je potrebna sada dakako i vanjska oplata, a preostali prostor do tunelskog zida treba, nakon što je vertikalna izolacija izvana zaštićena jednim ozidanim slojem, ispuniti i nabiti zemljanim materijalom. Kod ove se metode mogu sve platice, pa i one u visini tunelskog zida, izvući i prema tome ponovno upotrijebiti.



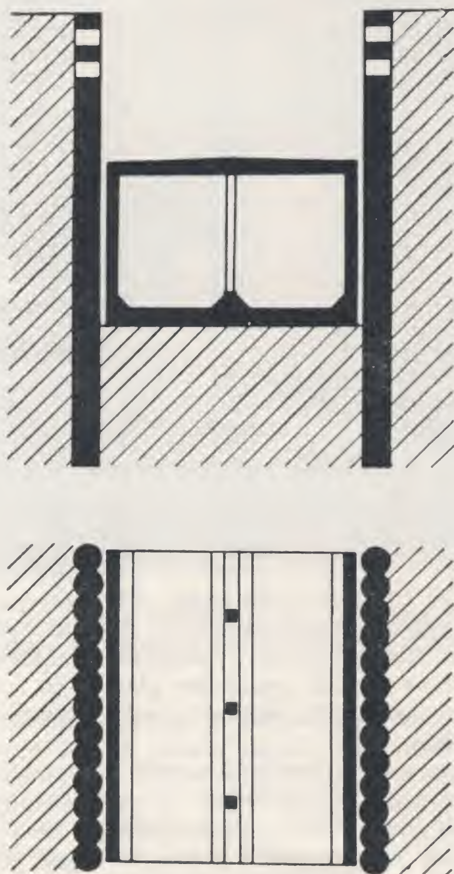


Sl. 18: Izvedba tunela pomoću čeličnog žmurja, na berlinski (desno) i na hamburški način (lijevo) [13]

Ako se umjesto berlinskog zida upotrijebi čelično žmurje, što je u slučaju naročito nepovoljnih geoloških i hidroloških prilika katkada neizbježno, opet se za samu izvedbu tunela može upotrijebiti ili berlinski (bez prostora između žmurja i tunelskog zida), ili hamburški način izvedbe (sa prostorom između žmurja i tunelskog zida) (sl. 18).

Umjesto berlinskog ziđa ili čeličnog žmurja postoji i mogućnost osiguranja otvorene građevne jame u zaštiti zida od betonskih Benoto-pilota (Rim, sl. 19). Susjedni Benoto-piloti, promjera 88 cm, preklapaju se za 9 cm, a svaki drugi pilot je armiran. Ovaj vrlo skupi način zaštite građevne jame dolazi u obzir samo mjestimično, gdje obližnje građevine temeljene na plitkim temeljima treba zaštititi od slijeganja (Frankfurt, sl. 20). Ideja da se zid od Benoto-pilota upotrijebi ujedno za ziđe tunela, nailazi na teškoću što se ispod ulice, do dubine od nekih 2 m, gornji dio zida mora skinuti radi smještaja (poprečnih) podzemnih vodova, a osim toga je spoj tunelskog stropa sa zidovima od Benoto-pilota konstruktivno teško rješiv.

Ukoliko se tunel izvodi iz nepropusnog betona, otpada dakako potreba izvedbe izolacije tunelskog ziđa. Prema tome je u ovom slučaju, ako drugi razlozi ne govore protiv, na mjestu berlinska metoda, dakle bez međuprostora. Ipak je ovdje potrebna stanovita vanjska oplata tunelskog ziđa (sl. 21), kako bi i vanjska ploha betona bila po mogućnosti što glađa, što se postizava tankim pločama, redovito od plastičnog materijala, koje se pribiju na platice i koje dakako ostaju, kao i platice, izgubljene. Kod jakog pritoka podzemne vode može se sada sniženje podzemnog vodostaja postići tako da se izbuši izvan građevne jame, s njene jedne ili s obje strane, niz bunara. Kod izvedbe tunela u nepropusnom betonu, budući da se prsteni tunela moraju betonirati monolitno, znade donji sloj ukrućenja građevne jame stvarati teškoće kod betoniranja. Tome se može pomoći ili da se stupovi zabiju tako duboko, da njihova upetost omogućuje otvaranje građevne jame bez donjeg sloja ukrućenja, ili se umjesto donjeg ukrućenja upotrijebe nizovi sidara, tako da se



Sl. 19: Izvedba tunela pomoću zida od Benoto-pilota [13]



Sl. 20: Zaštita historijski vrijedne građevine u neposrednoj blizini otvorene građevne jame, s pomoću zida od Benoto-pilota (Frankfurt/M)



Sl. 21: Vanjska oplata tunelskog zida od ploča iz plastičnog materijala, kod izvedbe tunela na berlinski način i iz nepropusnog betona (München)

izbuše kose rupe koje sižu iza plohe naravnog pokosa, te se krajevi sidara fiksiraju ubrizgavanjem betona pod visokim pritiskom.

Ove do sada opisane metode izvedbe tunela u otvorenoj građevnoj jami imaju dva nedostatka. Prije svega je potrebno prije otvaranja građevne jame premjestiti sve podzemne vodove, ili ih barem sigurno provizorno ovjesiti u građevnoj jami. Ti radovi, osobito ako se radi o kanalima velikog presjeka, znadu biti vrlo komplicirani, dugotrajni i skupi. Kod kompliciranih mreža podzemnih vodova može nastati slučaj da je za njihovo definitivno prelaganje potrebno izvesti najprije nekoliko provizornih etapa. Katkada se neugodni sifoni u kanalima ne mogu izbjeći. Nadalje opisane metode onemogućuju, za vrijeme gradnje, cestovni promet iznad građevne jame, pa taj promet, ukoliko za njega nema dovoljno mjesta uz građevnu jamu, treba kanalizirati okolnim ulicama. Razumljivo je samo po sebi da otvorena građevna jama predstavlja veliku smetnju za okolne kuće i njihove stanare, a osobito za dućane.

Ovi posljednji nedostaci se mogu donekle ublažiti tako da se građevna jama nakon iskopa provizorno pokrije drvenim platicama, čeličnim ili armiranobetonskim pločama, kako bi se preko tog provizornog pokrova opet mogao pustiti cestovni promet (sl. 22). Ovakvo pokrivanje građevne jame skopčano je sa znatnim troškovima. Ono je naročito komplicirano i skupo ukoliko se iznad građevne jame mora za vrijeme gradnje nesmetano odvijati tramvajski promet, pa se u tom slučaju preporuča barem tramvajsku liniju premjestiti provizorno u okolne ulice. No i kod pokrivanja građevne jame ne može se spriječiti prekid cestovnog prometa, barem za vrijeme jednog dijela iskopa, kao i nakon

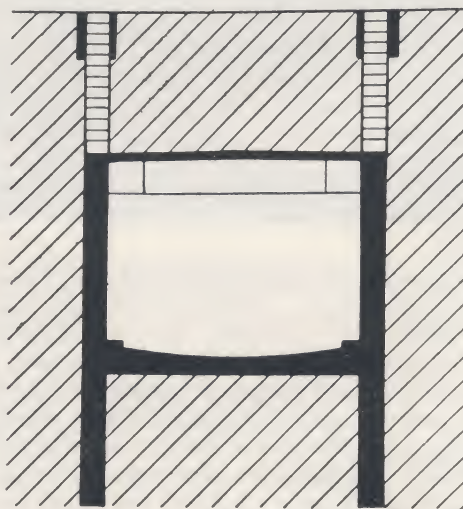


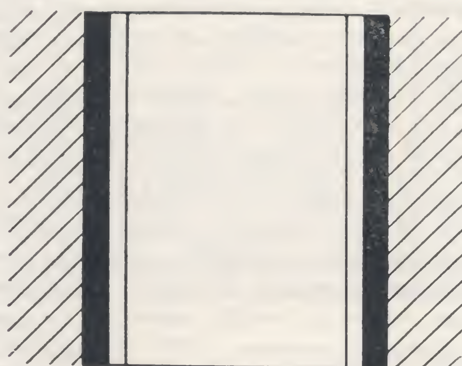
Sl. 22: Pokrivanje otvorene građevne jame armirano-betonskim pločama (Frankfurt/M)

betoniranja tunela, tj. za vrijeme nasipavanja zemljanog sloja iznad izgrađenog tunela.

Nastojanja da se smetnje za cestovni promet po mogućnosti svedu na što manju mjeru, dovela su do tzv. »milanske (ili »Icos«) metode« izgradnje tunela, koju moramo po njenoj biti pribrojiti metodama s otvorenom građevnom jamom (sl. 22).

Kod milanske se metode na rubu buduće građevne jame, i to tačno iznad budućih zidova tunela, iskopaju jarci, dubine 1,50 m i širine 1,00 m, koji se na gornjem dijelu, u svrhu spriječavanja urušenja, oblože armiranobetonskim uzdužnim pragovima, koji će ujedno služiti i kao vodilice za hvatač bagera. Jarci se ispune jednom tiksotropnom tekućinom, tzv. bentonitom. Sada se u jarcima, pomoću specijalnih bagera, kopaju vertikalni prorezi, širine 0,60 m, tj. upravo u širini svijetlog otvora između uzdužnih armiranobetonskih pragova. Širina jarka odgovara debljini tunelskog zida. Za vrijeme iskopa nadolijeva se potrebna količina bentonita, kako bi prostor s njom bio potpuno ispunjen, da se spriječi urušavanje stijenka proreza. S bentonitom ispunje-





Sl. 23: Milanski (Icos) način izvedbe tunela. Iskop proreza za zidove pod zaštitom bentonita. Iskop samog tunela slijedi nakon izvedbe tunelskog stropa, koji se betonira u otvorenoj građevnoj jami [13]

ni prorezi podijele se posebnim cijevima za spojeve u odsječke dužine 5,00 m, u koje se stavljaju gotove košare armature, te se pojedini odsječci betoniraju podvodnom metodom. Kod toga beton istiskuje bentonit u susjedni odsječak, koji se upravo iskapa. Nakon što je beton vezao, izvade se cijevi za spojeve, a armatura, koja strši izvan zida, upotrijebit će se za vezu stropa.

Kad su se zidovi stvrdli, otkopa se građevna jama do donjeg ruba budućeg tunelskog stropa, uz potrebno razupiranje drvenim ukrućenjima. Drvena otplata stropa položi se na zemlju, stršeća armatura iz zidova se savije u strop, položi se potrebna ostala armatura stropa i strop se zabetonira. Kad je strop otvrdnuo, građevna se jama ponovno zasipa i preko nje pusti cestovni promet. Preostali iskop ispod stropa obavlja se strojno preko priključenih rampi, i na kraju se izbetonira dno tunela.

Ova metoda izvedbe tunela uporabiva je i bez bentonita, tako da se prorezi iskopaju i osiguraju na način uobičajen kod izgradnje kanala (Stockholm). Ona je do sada bila primjenjena u slojevima pjeskovitog šljunka i kod razine podzemne vode ispod dna tunela, jer izolacija tunela kod ove metode (barem izvana) nije moguća.

Iako se kod milanske metode vrijeme prekida cestovnog prometa skraćuje u usporedbi s berlinskom ili hamburškom metodom, a da kod toga otpada provizorno pokrivanje građevne jame, to se drugi nedostatak svih ovih metoda, tj. potreba prelaganja podzemnih vodova, pojavljuje i ovdje u punoj mjeri.

Potpunosti radi treba spomenuti još i specijalne metode s otvorenom građevnom jamom, koje tek rijetko dolaze do upotrebe, kao izrada tunelskih prstena pomoću caissona, u mulju i sličnim nepovoljnim prilikama (Tokio), ili spuštanje gotovih tunelskih prstena, dopremljenih plivajući na mjesto, na pripremljene temelje od pilota, u slučaju plitkog podilaženja velikih rijeka (Rotterdam).

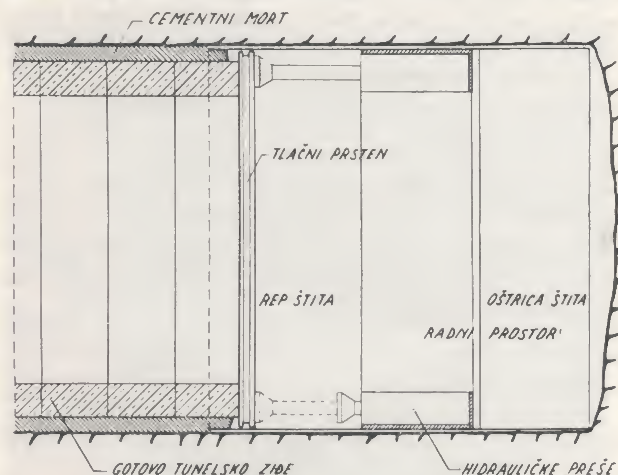
3.2.5.2. Rudarske metode

Ako se smetnje cestovnom prometu kao i potreba prethodnog prelaganja podzemnih vodova žele potpuno izbjeći, onda se tunel mora izvesti na većoj dubini na rudarski način, tj. on se buši i izgrađuje pod zemljom.

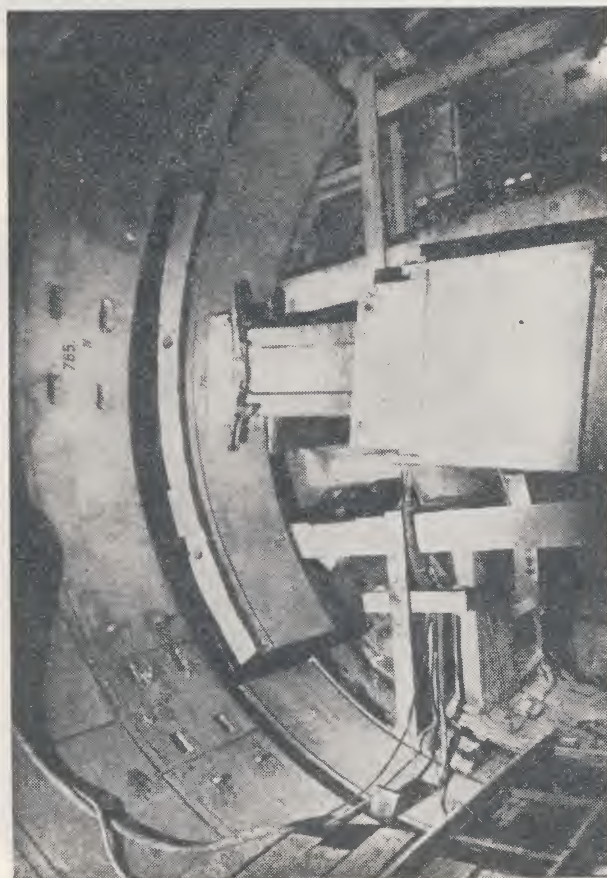
Općenito ovdje postoje dvije mogućnosti, primjena kojih je zavisna od geoloških i hidroloških okolnosti. U čvrstim tlima, naročito u stijeni, tunel će se izvesti na jedan od poznatih klasičnih načina iskopa, podgrade i ozidanja, već prema geološkim prilikama, kao što su belgijska, austrijska, talijanska ili njemačka metoda. U čvrstoj stijeni omogućuje danas moderna tehnika bušenja i miniranja i iskop u punom tunelskom profilu (Stockholm, granit). U slučaju izgradnje tunela na klasični rudarski način, tunel će redovito biti dvokolosiječan, oblika poprečnog presjeka s kalotom, upornjacima i donjim svodom, kakav profil je i redovit kod tunela na željeznicama dalekog prometa.

U nestabilnim i mekim tlima, pa i u podzemnoj vodi, izvedba tunela na rudarski način obavlja se pomoću štita. U ovom se slučaju izvodi tunel redovito kružnog poprečnog presjeka, a sam tunel može biti ili dvokolosiječan, ili se svaki kolosijek predvidi u posebnoj jednokolosječnoj cijevi.

Štit se sastoji od čeličnog prstena (sl. 24). Pomoću većeg broja hidrauličkih preša, koje se osla-



Sl. 24: Shematski prikaz izvedbe tunela na rudarski način s pomoću štita [13]



Sl. 25: Postavljanje tübbinga s pomoću erektora kod izvedbe tunela sa štitom [13]

njaju na posljednji prsten obloge tunela, utiskuje se štit, kojeg prednji rub je izrađen u obliku noža, u zemlju. Obloga se sastoji od prstenova, izrađenih od tzv. »tübbinga« ,a to su dijelovi cilindričnog plašta, koji se danas redovito izvode od armiranog betona (sa ili bez prednaprezanja), dok su se ranije izrađivali od lijevanog željeza. Tübbinzi se postavljaju pomoću posebnog stroja, tzv. erektora (sl. 25), te se spajaju u prsten, kao i prsten s prstenom, posebnim sponama sa vijcima. Dužina hoda hidrauličkih preša mora biti jednaka dužini prstena, što se redovito uzima 75 cm. Dužina štita mora biti odabrana tako, da uz dovoljni radni prostor na čelu iskopa, a kod ispruženih hidrauličkih preša, zadnji kraj štita (tzv. rep štita) siže do sredine posljednjeg postavljenog prstena obloge. Rad se dakle obavlja u stalnom ritmu utiskivanja i oblaganja u jednoj dužini prstena.

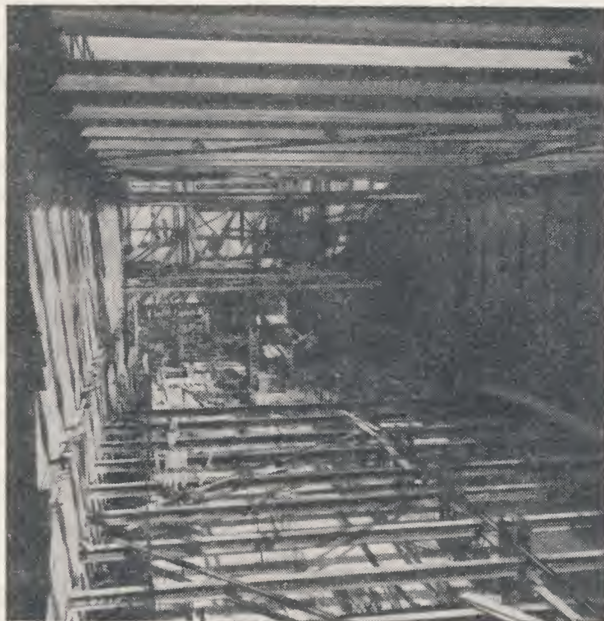
Iskop na čelu obavlja se ili ručno (kod sasvim nestabilnih tala treba i čelo iskopa zaštititi ili drvenom podgradom ili posebnim čeonim metalnim štitom, s otvorima za iskop zemlje), ili se iskop obavlja mehanički, pomoću rotirajućeg tjemenog štita snabdjevenog noževima.

Čim je jedan prsten obloge postavljen, utiskuje se, u prostor koji je odmicanjem štita preostao s vanjske strane prstena, cementni mort pod pritiskom. I spojevi u oblozi, između pojedinih tübbinga i prstenova, začepe se utiskivanjem izolacionog materijala. Danas se međutim redovito, radi postizavanja bolje izolacije, na vanjsku oblogu od tübbinga postavlja još izolacioni sloj od bitumena i nagrešpanog bakarnog lima, na koji se izbetonira unutarnji prsten od armiranog betona, redovito debljine 15 cm.

Ukoliko se tunel izvodi sa štitom u podzemnoj vodi, rad se obavlja pod pritiskom zraka, pa štit treba snabdjeti splavnicama za ljude i materijal. Ovakav način rada mogli bismo usporediti s jednim horizontalnim caissonom. Ovdje se pojavljuje teškoća da je pritisak vode različit na vrhu i na dnu tunela, što osobito dolazi do izražaja kod velikog promjera tunelske cijevi. Poradi toga mora iznad tunela biti dovoljno debeli nadsloj, najmanje dva promjera tunela, kako bi se spriječilo, naročito u šupljikavim nekoherentnim tlima, da si komprimirani zrak iz tunela nađe kratki put do površine, uslijed čega bi u radnom prostoru nestalo pretlaka. Kod rada u podzemnoj vodi postoji i kod rada sa štitom mogućnost da se nizom bunara spusti razina podzemne vode, te se rad obavlja bez pretlaka zraka. I na posljetku postoji mogućnost djelomičnog snižavanja razine podzemne vode a s time i potrebe manjeg pretlaka u radnom prostoru.

Izvedba tunela sa štitom je naročito pogodna u jednolikim sitnozrnčanim slojevima (londonska glina, gdje je štit prvi puta upotrebljen već godine 1823). Kod ove su metode neugodne sve promjene u nagibu i smjeru trase, a naročito oštre krivine. Neugodna je i nejednolikost slojeva, osobito nailaženje na čvrste stijene i samce u ledenjačkim nanosima. Ovakve se zapreke uklanjaju upotrebom pneumatskog alata (Toronto).

S metodom pomoću štita mogu se izvesti i podzemna stajališta (Toronto), iako će se radije razmjerno veliki podzemni prostori, kakvi su potrebni kod stajališta, izvesti u otvorenoj građevnoj jami, mada se pruge izvan stajališta izvode sa štitom (München, sl. 26).



Sl. 26: Otvorena građevna jama vrlo velikih dimenzija za stajalište podzemne željeznice Schenkendorfstrasse na liniji podzemne željeznice br. 6 u Münchenu

Izvedba tunela na rudarski način sa štitom će u stanovitim prilikama biti neophodna, jedino mogući način izvedbe. Međutim, tamo gdje je i izvedba u otvorenoj jami moguća, redovito rad sa štitom ispada skuplji i sporiji. Stvari bi možda ispale drugačije kad bi se pri radu u otvorenoj građevnoj jami primarnim troškovima izgradnje tunela i prelaganja podzemnih vodova pribrojili i sekundarni troškovi, koji nastaju uslijed prelaganja cestovnog prometa, s redovno dužim putovima i većim potroškom goriva i vremena, kao i odštete i sudski troškovi uslijed smetanja privrednih interesa, koji prema do sada provedenim proračunima mogu iznositi čak do 25% od primarnih troškova. Rad sa štitom nadalje pruža izglede za razvoj u smjeru potpune mehanizacije rada, na čemu se danas intenzivno radi, ali se ne smije zaboraviti da je potpuna mehanizacija moguća samo kod potpune jednolikosti slojeva.

4. Zaključak

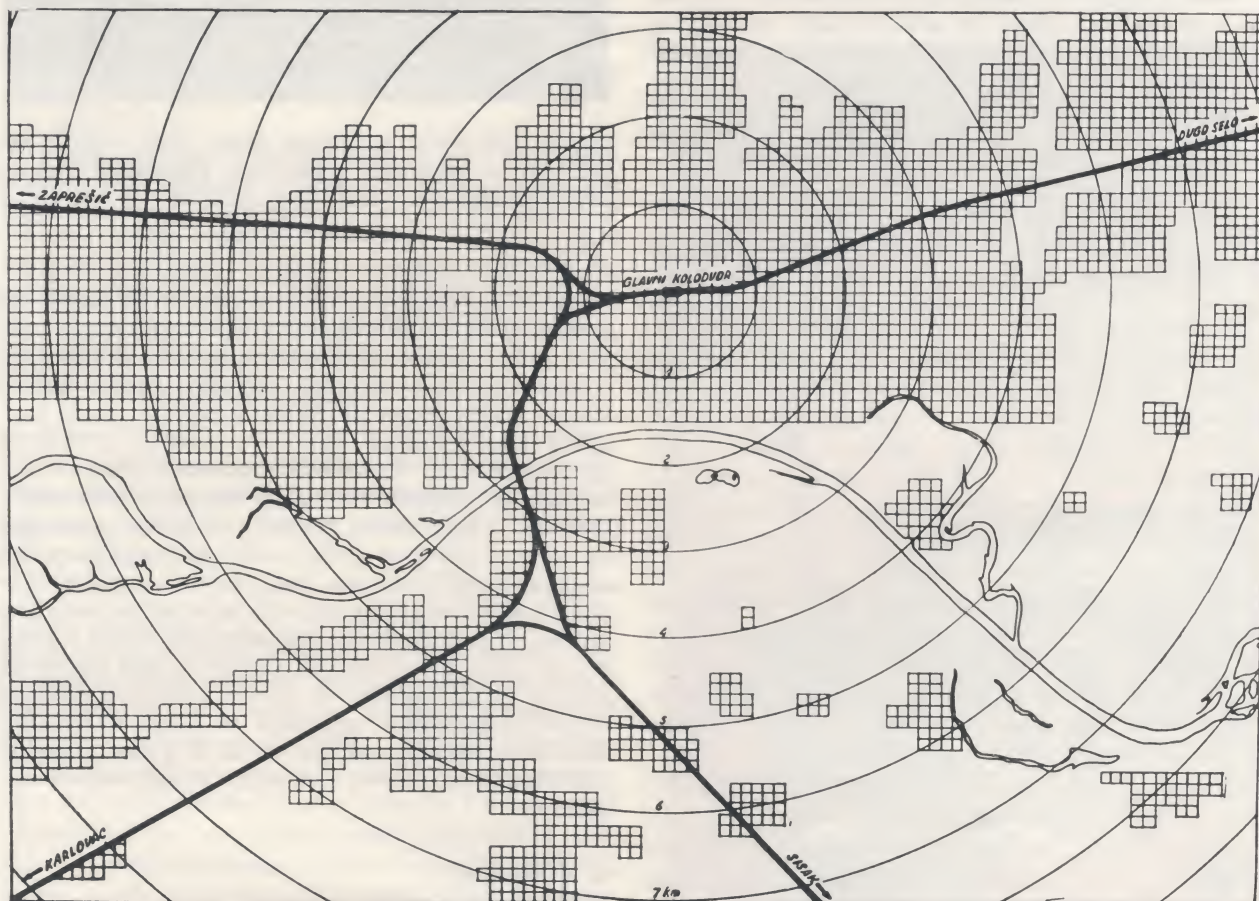
Zaključno se može ustvrditi da podzemni tramvaj ipak nije ono »patentno rješenje«, koje bi u svim gradovima i u različitim prilikama predstav-

ljalo definitivno rješenje postojećih i budućih gradskih prometnih problema. Sve teškoće s podzemnim tramvajem koje su bile iznesene, a naročito poteškoće eventualnog kasnijeg prijelaza na podzemnu željeznicu, upućuju na potrebu da se prije stvaranja definitivne odluke provedu detaljna proučavanja i ispitivanja. Često će u svrhu stvaranja ispravne odluke usporedbeni projekti za više rješenja biti neophodni. Samo na temelju detaljnih i opsežnih proučavanja i ispitivanja svih prometnih, pogonskih i građevinskih okolnosti, moći ćemo se kod stvaranja odluke — da li uopće treba graditi javno gradsko podzemno prometno sredstvo, iako treba graditi, da li podzemnu željeznicu, ili podzemni tramvaj, sa ili bez mogućnosti kasnije preinake na podzemnu željeznicu — približiti najpovoljnijem rješenju. Ova će odluka u najvećoj mjeri i još u dalekoj budućnosti odlučno utjecati na razvoj i život grada, pa ju se mora obaviti uz najpomnije pripreme.

Iako podzemni tramvaj nije nikako jedino moguće, u mnogim slučajevima niti najbolje, rješenje za saniranje teških prometnih prilika u gradovima, on će ipak uza sve svoje nedostatke, katkada u konkretnom slučaju i u konkretnim prilikama, ispasti kao ono najbolje rješenje koje se prema današnjim spoznajama nauke i tehnike može sagledati.

I naposljetku treba spomenuti da niti podzemni tramvaj, niti podzemna željeznica ne predstavlja jedinu mogućnost utjecanja na rasterećenje gradskog cestovnog prometa. Ovom cilju može vrlo mnogo pridonijeti i gradska željeznica. U nekim velikim evropskim gradovima, gdje su prema nekada vrijedećim principima glavni putnički kolodvori izgrađeni u čeonom obliku, obično na rubu užeg gradskog središta, a u kojima se danas rješavaju gradski prometni problemi izgradnjom podzemne željeznice (München) ili podzemnog tramvaja (Frankfurt/M), ujedno se izgrađuju uz enormne troškove i pruge gradske željeznice, kroz samo izgrađeno središte grada, dakako u tunelima. Ove izgradnje zahtijevaju u najvećoj mjeri u prometnom, pogonskom i građevinskom pogledu koordinaciju s projektima podzemne željeznice ili tramvaja.

Gradovi u kojima je glavni putnički kolodvor izgrađen u prolaznom obliku, na transverzalnoj liniji koja prolazi kroz, ili dira, uže gradsko središte, osobito ako se u njima stječu i ostale transverzalne ili radijalne linije (Zagreb, sl. 27) su u pogledu izgradnje jedne kvalitetne mreže gradske željeznice



Sl. 27: Postojeće pruge dalekog prometa u zagrebačkom željezničkom čvorištu omogućile bi neobično povoljnu mrežu gradske željeznice

u daleko povoljnijem položaju. Tu već od ranije postoji ona za gradsku željeznicu tako povoljna mreža zrakastih linija iz središta grada, s najkraćim putovima, koji se redovito dobro poklapaju i s najjačim tokovima gradskog prometa. Te pruge treba dakako osposobiti i za gradski promet (elektrifikacija, dvokolosiječna izgradnja uz eventualno daljnje kolosijeke za gradski promet, stajališta, suvremeni sigurnosni uređaji). Da je za željezničko poduzeće dalekog prometa gradski putnički promet vjerojatno nerentabilan, to je prilično izvan diskusije, ali će često gubici takvog prometa ispasti daleko manji od ogromnih investicija koje su potrebne za bilo kakvo podzemno rješenje, s podzemnom željeznicom, pa čak i s podzemnim tramvajem, gdje se danas niti ne pomišlja da bi gradska prometna poduzeća mogla sama snositi potrebne investicije, ili ih otplatiti od svojih prihoda. Ne preostaje drugo nego da gradovi, pa i ostale veće političko-teritorijalne jedinice, snose te troškove, kao svoj doprinos izgradnji infrastrukture grada, gdje je glatko i brzo odvijanje prometa od bitne važnosti za odvijanje mnogostranih privrednih i kulturnih djelatnosti.

5. Literatura

[1] Fester, G.: »Erkenntnisse und Grundlagen für die Planung und Gestaltung unterdischer Schienenbahnen in den Städten«, Wissenschaftlicher Verein für Verkehrswesen e.V. in Essen, Heft 74, 1962.

[2] Fester, J.: »U-Strassebahnen oder U-Bahnen?«, Nahverkehr-Praxis, Dortmund-Mengede, Juli, 1964.

[3] Grabe, W.: »Der unterirdische, schienengebundene öffentliche Nahverkehr«, Wissenschaftlicher Verein für Verkehrswesen e.V. in Essen, Heft 79, 1963.

[4] Grabe, W.: »U-Bahn-Planung«, Wissenschaftlicher Verein für Verkehrsewsen E.V. in Essen, Heft 81, 1964.

[5] Köhl, H.: »Die Stadtwerke München — Verkehrsbetriebe- und ihre zeitgemässen Aufgaben«, Verkehr und Technik, Heft 6 und 7, 1965.

[6] Korte, J. W.: »Stadtverkehr, gestern, heute, morgen«, Springer-Verlag, Berlin (Göttingen) Heildeberg, 1959.

[7] Korte, J. W.: (Mäcke, P.) Lapierre, R.: »Grundlagen der Strassenverkehrsplanung in Stadt und Land«, II Auflage, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/Berlin, 1960.

[8] Lambert, W./Beck, H.: »Verkehrsplanung Köln Öffentlicher Nahverkehr — Teiluntersuchung: Betriebliche Leistungsfähigkeit des U-Strassenbahnknotens Ebert-Platz«, Verkehrswissenschaftliches Institut an der Technischen Hochschule Stuttgart, 1965.

[9] Meier, H.: »Das schwellenlose Gleis für Untergrundbahnen und Hochbahnen«, Wissenschaftlicher Verein für Verkehrswesen e.V. in Essen, Heft 78, 1964.

[10] Nebelung, H.: »Untersuchung über die Notwendigkeit einer unteriirdischen Führung der Strassenbahn in Bielefeld«, Verkehrswissenschaftliches Institut der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule Aachen, 1965.

[11] Nebelung, H.: »Beitrag der Eisenbahnen zur Lösung grosstädtischer Verkehrsprobleme«, Wissenschaftlicher Verein für Verkehrswesen e.V. in Essen, Heft 74, 1962.

[12] Niemann, H. J.: »Tiefenlage und Bauweise des Tunnels — ein Kernproblem moderner U-Bahnplanung«, Werner-Verlag, Düsseldorf, 1961.

[13] »Planung und Bau unterirdischer Verkehrswege — Vorträge der Tagung vom 25. bis 28. September in der Kongresshalle Berlin«, Bauverlag GmbH, Wiesbaden/Berlin, 1964.

[14] Püttner, G./Bayer, M.: »Der neue vierachsige Gelenkwagenzug der Münchner Verkehrsbetriebe«, Der Stadtverkehr, Stock-Brackwede, Heft 7, 1965.

[15] Thiemer, E.: »Warum U-Strassenbahn in Essen?«, Wissenschaftlicher Verein für Verkehrswesen e. V. in Essen, Heft 77, 1964.

[16] »U-Strassenbahn Essen — Bericht über Planung und Bauprogramm unter besonderer Berücksichtigung des 1. und 2. Bauabschnittes«, Stadt Essen — Tiefbauamt, 1964.

[17] »Von der Strassenbahn zur Stadtbahn der Zukunft«, Verlag Bodet und Link, Frankfurt/M, 1964.

[18] Zimiok, K.: »Der Münchner U-Bahn-Bau«, Deutsche Baubehörden-Adressbuch-Verlagsgesellschaft mbH, München, 1965.

[19] »69. Geschäftsbericht der Essener Verkehrs-Aktiengesellschaft über das Geschäftsjahr 1962.«, Essen 1962.

[20] »Planungsgrundlagen für U-Strassenbahnen«, Verband öffentlicher Verkehrsbetriebe (VÖV), Köln, 1963.

[21] Projekti za podzemni tramvaj u Frankfurtu/M, Kölnu i Essenu, te za brze gradske željeznice u Münchenu.

(Kraj)

ARMIRANE ZIDANE KONSTRUKCIJE

Ing. Sergije Kolobov, Zagreb

(Nastavak)

Uputstva za proračun i konstruiranje zidanih zgrada

Za projektiranje zidanih i armirano zidanih konstrukcija potrebno je osim proračuna konstrukcija izvedene zgrade u uslovima zajedničke nosivosti s drugim elementima, kontrolirati proračunom čvrstoću i stabilnost zidova i drugih konstrukcija nezavršene zgrade u vrijeme izgradnje. U slučaju nedovoljne stabilnosti moraju se primijeniti privremene razupore, sve do izvedbe stropova ili drugih konstrukcija koje će osigurati dovoljnu stabilnost. Potrebne privremene razupore moraju biti označene u izvedbenim nacrtima.

Pri kontroli čvrstoće i stabilnosti zidova, stupova i drugih elemenata zgrade treba uzeti u obzir da se stropovi, balkoni i grede oslanjaju na ziđe koje još nije vezalo.

Statički proračun zgrada

Kod proračuna zidanih konstrukcija, zgrada se smatra prostornim sistemom. Zidovi i stupovi opterećeni s horizontalnim silama, s ekscentričnim tlačnim silama i na izvijanje, oslanjaju se u horizontalnom smjeru na stropne konstrukcije i na poprečne zidove. Prema svojoj krutosti, uporišta se dijele na kruta i elastična. Kao kruta uporišta smatraju se: a) poprečne stabilne konstrukcije: poprečne zidove od opeke debljine minimum 12 cm i armirano betonske minimum 6 cm, poprečne okvire, dijelove poprečnih zidova i druge konstrukcije koje su proračunate na opterećenje horizontalnim silama od oslanjanja neposredno opterećenih zidova; b) stropne konstrukcije ako je udaljenost poprečnih krutih zidova manja od vrijednosti u tabeli (28); c)vjetrovne vezove, rešetke i armirano betonske grede, koje su proračunate prema nauci o čvrstoći i dozvoljenim deformacijama na horizontalne sile od zidova.



Sl. VII: Duga ljuska od monta opeka 8 + 1 cm, vel. 10 × 25 m u Institutu građevinarstva u Zagrebu

Kao elastična uporišta smatraju se stropne konstrukcije s udaljenošću ukrućujućih poprečnih zidova većom od navedene u tabeli (28) kada nema vjetrovnih vezova, itd.

Maksimalne udaljenosti između poprečnih konstrukcija kod kojih se stropovi smatraju krutim uporištima za zidova i stupove.

Tabela 28

Klasa stropova	Vrsta stropnih konstrukcija	Udaljenost između poprečnih zidova l u m
A	Drveni stropovi	30
B	Montažni armirano betonski stropovi od gredica i ispuna u suho	40
C	Armirano betonski monolitni stropovi i montažni, u mokro	50

Primjedbe: 1) Granične udaljenosti navedene u tabeli moraju biti smanjene u ovim slučajevima: a) kod tlaka vjetra 70 i 100 kg m² — za 15 i 25%; b) kod visine zgrada veće od 20 m — za 10%; veće od 32 m — za 20% i veće od 48 m — za 25%; c) kod uskih zgrada — kod širine zgrade (b) manjoj od dvostruke visine etaže (h_{et}) — proporcionalno odnosu $\frac{b}{2\,h_{et}}$; 2. kod montažnih stropova (klasa C) svi spojevi moraju biti pojačani dodatnom armaturom i zaliveni betonom.

Ako nema neposrednih veza izvеđu stropova i zidova (klizni ležaji i slično), zidovi i stupovi smatraju se kao slobodno stojeće konzole, upete u tlo. Kod toga je dozvoljeno uzimati u obzir horizontalnu uporišnu reakciju od kliznog ležaja.

Kod proračuna zgrada s elastičnim uporištima, zidovi i stupovi smatraju se kao stupovi okvira, upeti u tlo i zglobno vezani stropovima. Upliv poprečnih zidova u tom se slučaju ne uzima u obzir. Proračun se obavlja na osnovna i dopunska (vjetar) opterećenja. Kod toga sva računska opterećenja, osim vlastite težine, smanjuju se množenjem na koeficijent 0.9.

Kod zidova pojačanih pilovima, širina zidova sudjeluća u računu (kao ploča armirano betonskog T-profila) uzima se:

a) Ako gornja stropna ili krovna konstrukcija, preko serklaža, opterećuje zid jednoliko po cijeloj dužini — puna širina zida između otvora, ako nema otvora — širina cijeloga polja između pilova.

b) Ako se horizontalna bočna sila od zida na stropnu konstrukciju prenosi u pojedinim tačkama oslanjanja — uzima se promjenjiva sudjelujuća širina zidova, koja se povećava po zakonu trokuta od tačke oslanjanja po visini, tako kod visine h sudjelujuća širina uzima se s h/2 na svaku stranu od ruba pilova. Ako se zid s pilovom smatra kao stup okvira s konstantnim presjekom po visini, ekvivalentna prema progibu gornje tačke — sudje-

GRAĐEVINAR

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA
I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GOD. XVIII 1966

ČLANCI

PREFABRIKATI

S NAŠIH I INOSTRANIH GRADILIŠTA

KRATKE VIJESTI

GRAĐEVNI MATERIJALI

IZ INSTITUTA GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE

SAJMOVI I IZLOŽBE

KONGRESI I SASTANCI

IZ INOZEMNIH ČASOPISA

lujuća širina ziđa uzima se sa h/3 na svaku stranu od ruba pilova.

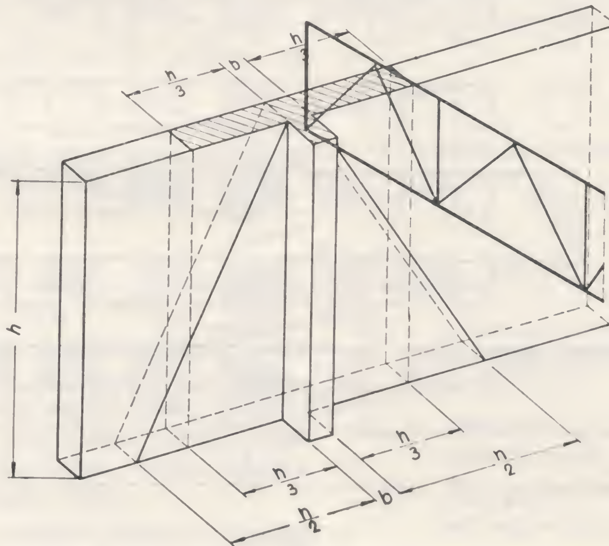
c) Ako je debljina zida manja od 1/10 visine presjeka pilova, sudjelovanje zida ne uzima se u obzir.

Zidovi i stupovi prizemnih zgrada s elastičnim uporištima proračunavaju se:

a) Na opterećenja koja djeluju prije postavljanja krovnih konstrukcija (vlastita težina, oplata i dr.), kao slobodno stojeće konzole, upete u tlo.

primjedbi u stavu — proračun usidrenja u ziđe konzolnih greda.

Upliv od opterećenja vjetrom može se zanemariti kod proračuna zidova i stupova, ako dopunska normalna naprezanja, uslijed opterećenja vjetrom, nisu veća od 1 kg/cm² ili ako računska dopunska sila ili moment od opterećenja vjetrom manji od 10% računske uzdužne sile ili momenta od osnovnih opterećenja. Kod proračuna na opterećenje vjetrom sva računska opterećenja, osim vla-



Sl. 15

stite težine, uzimaju se pomnožena s koeficijentom 0,9.

b) Na opterećenja koja djeluju poslije postavljanja krovnih konstrukcija (težina krova, snijega i dr.), kao stupove okvira zglobno vezane krovnim konstrukcijama i upete u tlo.

c) Na opterećenja koja djeluju istodobno samo na 2—3 poprečna okvira (opterećenja kranom); ako postoje stropovi ili konstrukcije koje osiguravaju raspodjelu horizontalnih napona, dozvoljeno je računati sa sudjelovanjem kod prenosa sila susjednih konstrukcija zgrade, koje se nalaze na udaljenosti 1/4 l (prema tabeli 28) na svaku stranu od neposredno opterećenih okvira.

Zidovi i stupovi koji imaju u ravninama stropova uporišta tretirana kao kruta, moraju se proračunati na ekscentrično opterećenje kao kontinuirane grede. Radi pojednostavnjenja proračuna dozvoljava se smatrati zid ili stup kao razrezane po visini proste grede sa zglobovima u ravninama oslanjanja greda stropova. Kod toga opterećenja od gornjih etaža mora se smatrati priloženim u težištu presjeka zida ili stupa gornje etaže, a opterećenja u granicama promatrane etaže uzimaju se s faktičnim ekscentricitetima s obzirom na težište presjeka zida ili stupa, uzimajući u obzir promjene presjeka u granicama etaže kao i oslabljenja zbog horizontalnih i kosih zasjeka. Položaj uporišnog pritiska greda određuje se prema formulama (107) i (108). Ako ne postoje specijalni ležaji koji fiksiraju položaj ležajne reakcije — dozvoljava se uzeti udaljenost od hvatišta ležajne reakcije greda ili stropova do unutarnjeg ruba zida ili uporišne pioče, prema

Kod proračuna zgrada s krutim konstruktivnim sistemom na opterećenje vjetrom — zidovi zgrade, koji osiguravaju njenu krutost, smatraju se vertikalnim konzolama složenog presjeka (kao I ili T profil) upetim u tlo. Opterećenje od vjetra prenaša se preko krutih stropova na poprečne zidove i smatra se da djeluje u osi poprečnih zidova.

Računska sudjelujuća širina uzdužnih zidova, koja zajedno s poprečnim zidom sudjeluje u preuzimanju opterećenja na savijanje, uzima se sa svake strane poprečnog zida, prema formulama:

Za puni zid: $S = 0{,}8\ h$ (85)

Za zid s otvorima: $S = 0{,}7 \cdot \Sigma h_n \cdot \sqrt[3]{\frac{Fbr}{Fnt}}$ (86)

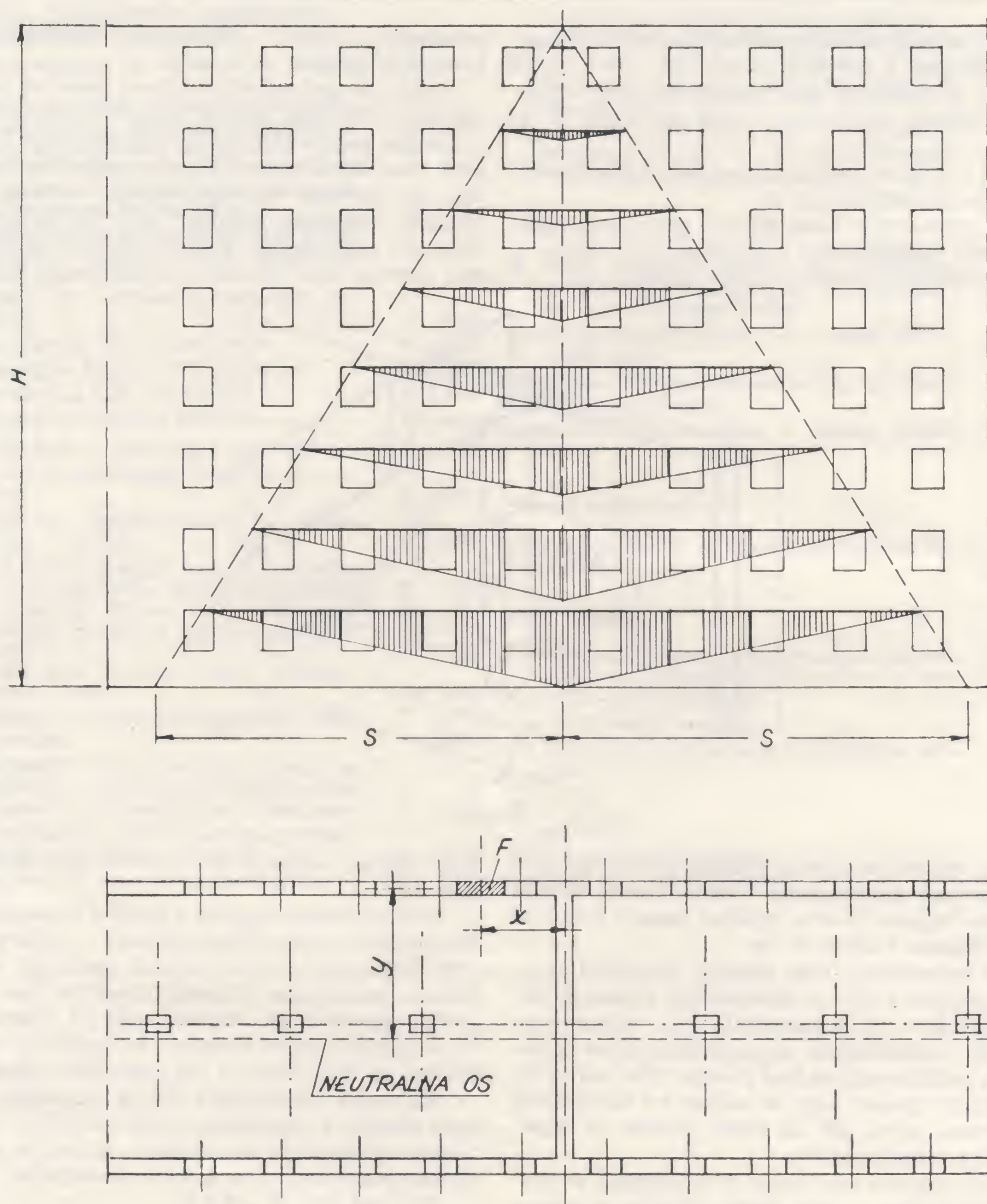
h — udaljenost od vrha poprečnog zida do razine promatranog presjeka;

h_n — sumarna visina horizontalnih pojaseva ziđa između otvora (visina parapeta + visina serklaža + visina nadprozornika)

Fbr — bruto površina punog zida na dužini zida S;

Fnt — neto površina presjeka zida u visini otvora na dužini zida S.

Smatra se da normalna naprezanja od savijanja u uzdužnim zidovima padaju po linijskom zakonu od svoga maksimuma u osi poprečnog zida do nule, na udaljenosti S od osi poprečnog zida.



Sl. 16

Primjedba: Kod proračuna cijelog presjeka prema formulama za savijanje, kod kojih se pretpostavlja jednakomjerna raspodjela opterećenja po širini — može se uzeti reduciranu sudjelujuću širinu zida S/2, na svaku stranu od osi poprečnog zida i kod zabatnog zida na jednu stranu od osi zabatnog zida.

Dopunske uzdužne sile N_v u zidovima i pilovima uzdužnog smjera, koje nastaju uslijed savijanja prostornog sistema zidova zgrade od opterećenja vjetrom, uzimaju se u obzir kod visine zgrade veće od 24 m i određuju se prema formuli:

$$N_v = \frac{M_v \cdot F \cdot y}{I}\left(1 - \frac{x}{S}\right) \quad (87)$$

gdje je:

M_v — računski moment savijanja od opterećenja vjetrom, koji se prenosi preko krutih stropova na poprečni zid u razini promatranog presjeka;

F — površina presjeka promatranog dijela zida (pilova);

y — udaljenost osi promatranog zida do neutralne osi presjeka prostornog sistema zidova zgrade (vidi sl. 16);

I — moment inercije presjeka zidova;

x — udaljenost osi promatranog dijela zida (pilova) od osi poprečnog zida.

Primjedba: kod određivanja veličina y i I uzima se reducirana sudjelujuća širina zida S suglasno s primjedbom kod proračuna zgrada s krutim konstruktivnim sistemom.

Proračun poprečnih zidova na glavna vlačna naprezanja uzima se prema formulama:

$$Q_{vi} \leqslant \frac{m \cdot m_z \cdot R_{sm} \cdot a \cdot b}{\mu} \quad (88)$$

$$R_{sm} = \sqrt{Rgl \cdot (Rgl + \sigma_o)} \quad (89)$$

gdje je:

Q_{vi} — računska poprečna sila od opterećenja vjetrom $Q_v = \Sigma w_i$;

R_{sm} — računska otpornost zida opterećenog uzdužnom računskom silom N na smicanje s koeficijentom preopterećenja $n = 0{,}9 \cdot$ $(\sigma_o \doteq 0{,}9 \frac{N}{F})$;

Rgl — računska otpornost zida na glavne vlačne napone kod savijanja;

a — debljina poprečnog zida na dijelu gdje je debljina najmanja, uz uslov da je dužina tog dijela zida veća od 1/4 visine etaže ili 1/4 dužine zida; ako u zidu postoje horizontalni zasjeci ili kanali, širina zasjeka odbija se od debljine zida;

b — visina ukupnog presjeka zidova u tlocrtu ako je presjek poprečnog zida I profila — b je udaljenost između osi uzdužnih zidova;

μ — koeficijent nejednolikosti tangencialnih naprezanja u presjeku, $\mu = \frac{So \cdot b}{I}$, gdje je So — statički moment polovine presjeka (dijela presjeka, koji se nalazi s jedne strane osi kroz težište presjeka); Vrijednosti μ: za I presjek — $\mu = 1{,}15$; za T presjek $\mu = 1{,}35$, za pravokutne presjeke — $\mu = 1{,}50$;

I — moment inercije cijelog presjeka zida s obzirom na os, koja prolazi kroz težište presjeka.

$$\sigma_{sm} = \frac{Q_{vi} \cdot \mu}{m \cdot m_z \cdot a \cdot b} \leqslant R_{sm} \quad (90)$$

Primjedba: Kod proračuna na otvaranje naprslina (sljubnica ziđa) prema formuli (88) uzima se koeficijent uslova rada m_{na} prema tabeli (17), a poprečna sila od vjetra određuje se prema normativnom opterećenju (Qv).

U slučaju da otpornost ziđa na smicanje prema formuli (89) nije dovoljna, ziđe se mora armirati s uzdužnom armaturom u horizontalnim sljubnicama. Računska otpornost armiranog ziđa na smicanje R_{a-sm} — može biti određena prema formuli:

$$R_{a-sm} = \sqrt{\frac{ma \cdot p \cdot Ra}{100}\left(\frac{ma \cdot p \cdot Ra}{100} + \sigma_o\right)} \quad (91)$$

gdje je:

ma — koeficijent uslova rada armature prema tabl. 18,

p — procent armiranja.

Računska smičuća sila u horizontalnom pojasu zida između otvora od opterećenja vjetrom, prouzrokovana poprečnom silom Qvi, određuje se prema formulama:

U poprečnim zidovima:

$$T = \frac{Qvi\, {}^{h}et \cdot \mu}{b} \quad (92)$$

U uzdužnim zidovima:

$$T = \frac{Qvi \cdot {}^{h}et}{2b}\left(1 - \frac{x}{S}\right)^2 \quad (93)$$

gdje je:

Qvi — računska poprečna sila od opterećenja vjetorm na poprečni zid u visini promatrane etaže;

h_{et} — udaljenost po visini između osi otvora susjednih etaža;

x — udaljenost osi otvora u uzdužnom zidu od osi poprečnog zida.

Proračun horizontalnog pojasa zida između otvora na savijanje i smicanje od računske smičuće sile T od opterećenja vjetrom (čija se veličina određuje formulama 92 i 93) izračuna se prema formulama 94 i 95; kod toga uzima se manja od dobivenih vrijednosti.

$$T \leqslant 2/3\, m \cdot mz\, Rgl \cdot F \quad (94)$$

$$T \leqslant 1/3\, m \cdot mz\, Rv.s \cdot F \cdot \frac{c}{l} \quad (95)$$

gdje je:

c i l — svijetli raspon i visina horizontalnog pojasa zida između otvora;

F — poprečni presjek horizontalnog pojasa zida između otvora;

Rv. s — računska otpornost ziđa na vlak kod savijanja u prekrivenom presjeku;

Rgl — računska otpornost ziđa na glavna vlačna naprezanja kod savijanja.

$$\sigma_{ogl} = \frac{3T}{2m \cdot m_z \cdot F} \leqslant R_{gl} \quad (96)$$

$$\sigma_{vs} = \frac{3T}{m \cdot m_z \cdot F} \cdot \frac{l}{C} \leqslant R_{vs} \quad (97)$$

Primjedbe:

1. U slučaju da otpornost ziđa nije dovoljna — horizontalni pojas zida između otvora mora biti pojačan uzdužnom armaturom ili armirano betonskim gredama, koje se proračunavaju na moment

i poprečnu silu.

$$M = \frac{T \cdot l}{2} \quad (98)$$

$$Q = T \quad (99)$$

2. U uzdužnim zidovima potrebno je u prvom redu kontrolirati naprezanja na smicanje kod otvora do poprečnih zidova i najvećih otvora u zidu.

Ako su u donjoj etaži poprečni zidovi zamjenjeni stupovima i otvorima, ove poprečne konstrukcije smatraju se okvirima, koje sačinjavaju dijelovi uzdužnih zidova širine 1/2 S sa svake strane osi poprečnog zida i okvirna konstrukcija koja nosi gornji zid. Okvirna konstrukcija mora biti proračunata na poprečnu silu Qvi koja djeluje u visini stropa donjeg kata. Za povećanje krutosti okvira preporuča se ostaviti dijelove zida kod vanjskih uzdužnih zidova prema proračunu.

Kod proračuna zidova na savijanje u vertikalnom smjeru, računski moment savijanja može biti određen kao za kontinuirani nosač s djelomičnom upetošću, prema približnoj formuli:

$$M_v = \frac{q \cdot h^2_{et}}{12} \quad (100)$$

Proračun i konstruiranje pojedinih dijelova zgrade

Zidovi iz krupnih blokova. Krupni blokovi od betona kategoriziraju se prema markama 50, 75, 100 i 150. Marka blokova od pečene gline određuje se prema normativnoj otpornosti na tlak u zavisnosti od marke pečene gline i morta, prema tabeli (1).

Marka krupnog betonskog bloka određuje se prema formuli:

$$R_{bl} = R^n_{pr} \cdot \frac{F_{nt}}{F_{br}} \quad (101)$$

gdje je:

R^n_{pr} — normativna otpornost betona na osovinski tlak (čvrstoća prizme);

F_{nt} — površina presjeka bloka s odbitkom šupljina;

F_{br} — površina presjeka bez odbitka šupljina.

Za dobivanje traženih marka punih krupnih betonskih blokova potreban je beton:

Tablica 29

Marka bloka R^n_{pr}	Potrebna marka betona kocke 20 × 20 × 20 cm
35	50
50	75
75	100
100	150 (125)
150	200

Marka morta za zidanje zgrada od krupnih blokova ne smije biti ispod 25.

Računska otpornost ziđa od krupnih betonskih blokova prema klasi rada A određuje se tabelom (12) s koeficijentom 1.1, i od pečene gline — prema tabeli (11) s koeficijentom 1.2.

Prostorna krutost zgrade od krupnih blokova s krutom konstruktivnom shemom mora biti osigurana poprečnim zidovima, čija međusobna udaljenost ne smije biti veća od graničnih vrijednosti iz tabele (28). Kod toga prostorna krutost zgrada visine do P + 3 (uključivo), ali ne viših od 17 m, može biti osigurana samo stubišnim i zabatnim zidovima.

Prostorna krutost zgrada veće visine mora se osigurati posebnim zidovima za ukrućenje ili produženjem stubišnih zidova na cijelu širinu zgrade.

Veza između uzdužnih i poprečnih zidova od krupnih blokova stvara se: u vanjskim uglovima vezanjem specijalnim uglovnim blokovima; u sudarima unutarnjih poprečnih zidova i uzdužnih zidova i srednjeg uzdužnog zida sa zabatnim zidovima — umetanjem sidra plosnog čelika T oblika ili armaturnih mreža. Sidra i armaturne mreže umeću se u horizontalne sljubnice u istoj razini u uzdužnim i poprečnim zidovima. U svakom katu mora biti najmanje dvije veze.

Poprečni zidovi i zidovi stubišta koji osiguravaju krutost i stabilnost zgrada moraju biti proračunati na momente i prečne sile od opterećenja vjetrom, koji djeluju u ravnini zida. Poprečni zidovi proračunavaju se na ekscentrični tlak i na smicanje. Kod proračuna zgrade od krupnih blokova, bez zidarskih vezova, cijelo opterećenje vjetrom preuzimaju samo poprečni zidovi. Ne smije se računati na zajedničku nosivost uzdužnih i poprečnih zidova, ako su zidovi međusobno vezani samo sidrima ili mrežama armature.

Maksimalne udaljenosti temperaturnih dilatacija u zidovima zgrada od krupnih blokova uzimaju se prema tabeli (24) kao za ziđe od opeke.

Zidovi i stupovi industrijskih zgrada. Za zidanje stupova i pilova veće visine od 4,00 m, kao i za stupove i pilove opterećene s kranskim stazama, ne smije se upotrebiti opeka niže marke od 110 i mort marke 50.

U zgradama izvrgnutim vibracijama, ako postoje strojevi sa zamašnjacima, teški mehanički čekići, mosni kranovi nosivosti 10 t i više, potrebno je poduzeti ove mjere za pojačanje zidova od djelovanja vibracije:

— Upotreba boljeg morta — minimalne marke 50;

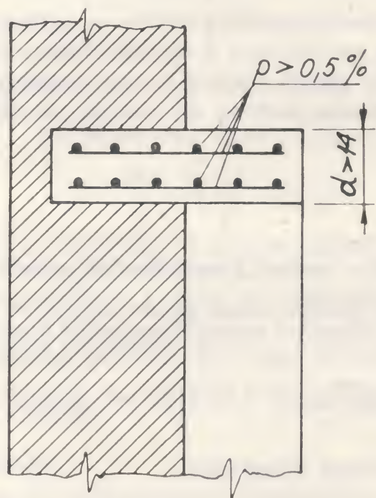
— Postavljanje dopunskih veza u uglovima i sudarima zidova i jače sidrenje stropova i krovne konstrukcije;

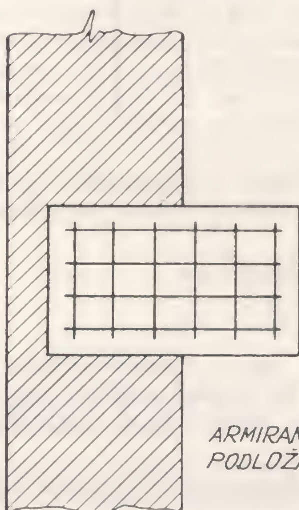
— Nisu dozvoljene šupljine u zidovima zbog smanjenja prostorne težine, kod upotrebe blokova — šupljine treba ispuniti lakim betonom.

— Kod znatnih vibracija — armiranje pojedinih sljubnica uzdužnom armaturom ili mrežastom armaturom. Isto tako dolazi u obzir i izvedba horizontalnih serklaža na međusobnoj udaljenosti od 3,00 do 1,00, s presjekom armature 4,00—6,00 cm² minimalne visine betonskog presjeka 15 cm.

— Ako postoje mosni kranovi nosivosti 10 t, obavezna je izvedba serklaža u razini kranske staze.

Zidani stupovi, na koje se oslanjaju kranske staze, moraju se armirati s uzdužnom armaturom ili u svaku 4—5 horizontalnu sljubnicu po visini





Sl. 17

staviti čelične mreže. Čelične mrežice ne uzimaju se u obzir kod proračuna.

Ispod ležajeva greda, krovnih konstrukcija, kranskih staza, moraju se izvesti armirano betonske podložne ploče, koje vežu pilove sa zidom, a isto tako i raspoređuju i izjednačuju pritisak na veću širinu zida. Ove podložne ploče moraju imati minimalnu debljinu 14 cm, moraju biti armirane s dvije mreže ukupnog presjeka armature ne ispod 0,5%.

Vezanje zidova i stupova sa stropnim i krovnim konstrukcijama

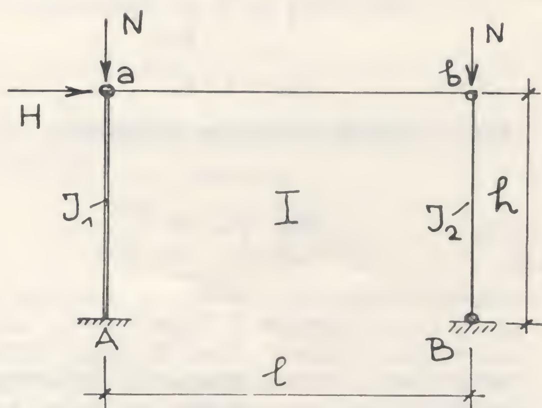
Zidovi i stupovi moraju se vezati na stropne i krovne konstrukcije. Ako je stropna ili krovna konstrukcija u istoj razini sa serklažom zida — usidrenjem nastavaka u serklažu postiže se potrebna veza. Isto tako postiže se i veza između serklaža i nosivih elemenata polumontažnih i montažnih stropova.

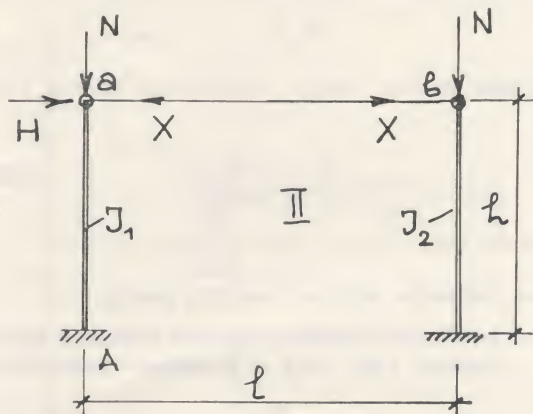
Potrebno je izbjegavati nalijeganje nosivih elemenata montažnih stropova na zidove za vrijeme montaže, a naročito šupljih gredica od monta opeke, zbog mogućnosti drobljenja tlačne zone šupljih gredica pod opterećenjem gornjeg zida (slučaj djelovanja seizmičkih sila).

Ako se upotrebljavaju montažni stropovi tipa »Siporeks«, »Durisol« i dr. smjer nosivosti montažnih elemenata mora biti paralelan s nosivim zidom. Potrebna veza ovih stropova sa serklažom zida postizava se upinjanjem u serklažu glavnih nosivih armirano betonskih greda ili čeličnih nosača. S tog razloga preporuča se, da kod ovih stropova rasponi montažnih elemenata ne budu veći od 6,00 m.

Zidane vertikalne nosive konstrukcije hala većih raspona moraju se proračunavati kao statički određene ili kao statički neodređene konstrukcije, prema ovim shemama (v. sl. 18).

Pri proračunu konstrukcije prema shemi I sve horizontalne sile preuzima stup A-a kao konzola, dok stup B-b preuzima samo vertikalnu silu i moment od ekscentriciteta vertikalne sile, koji nastaje zbog elestičnog i temperaturnog izduženja zatege.





Sl. 18

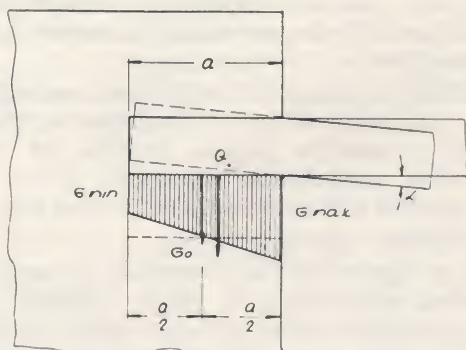
Kod proračuna prema shemi II horizontalne sile preuzimaju oba stupa.

Sidrenje krovne konstrukcije u zidove ili stupove mora biti proračunato na silu smicanja, uslijed sumarne horizontalne osi.

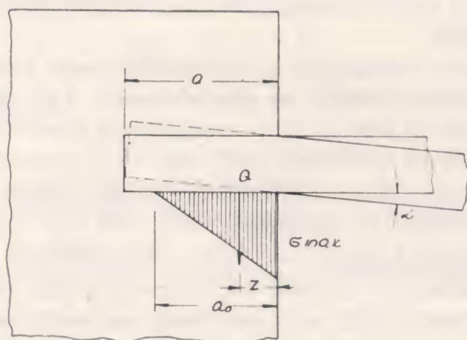
Proračun nalijeganja krajeva greda na zid

Za proračun zida na lokalno opterećenje uslijed nalijeganja greda, dijagram naprezanja na ležaju uzima se trapeznog ili trokutnog oblika, i to u zavisnosti od odnosa faktične dužine ležaja (a) i korisne dužine (a_0). Ako je $a < a_0$ dijagram se uzima kao trapez, ako je $a \geqslant a_0$ — kao trokut (sl. 19).

a)



b)



Sl. 19

Korisna duzina ležaja određuje se prema formuli:

$$a_0 = \sqrt{\frac{2\,Q}{c \cdot b\,tg\,\alpha}} \tag{102}$$

gdje je:

Q — računska ležajna reakcija grede;

C — koeficijent stelišta ziđa kod lokalnog opterećenja zida, koji se određuje formulom:

$$C = \frac{50\,R^n}{b} \tag{103}$$

b — širina grede ili podložne ploče (kod nalijeganja na ziđe stropnih ploča veličina (b) ne smije se uzeti veća od 1/5 visine kata)

α — kut priklona osi grede na ležaju.

Primjedbe:

1. Kod određivanja tg α uzima se zglobno oslanjanje grede na ležajeve u sredini dužine (a); kod kontinuiranih greda srednji ležaji uzimaju se u osi odgovarajućih stupova ili zidova. Za slobodno ležeće grede s jednoličnim opterećenjem:

$$tg\,\alpha = \frac{16}{5} \cdot \frac{f}{l} \tag{104}$$

gdje su l i f — raspon i maksimalni progib grede.

2. Ako je dužina ležaja grede manja od visine, dozvoljeno je uzeti trokutni dijagram naprezanja s $a_0 = a$.

Rubna naprezanja određuju se prema formulama:

Kod trapeznog dijagrama:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_{max} &= \sigma_0 + \frac{C \cdot a}{2}\,tg\,\alpha \\ \sigma_{min} &= \sigma_0 - \frac{C \cdot a}{2}\,tg\,\alpha \end{aligned}\right\} \tag{105}$$

gdje je:

$$\sigma_0 = \frac{Q}{a \cdot b}.$$

Kod trokutnog dijagrama

$$\sigma_{max} = 2\,\sigma_0 \tag{106}$$

Proračun ziđa ispod uporišta greda prema čvrstoći računa se na lokalni pritisak, prema formuli (11), kod toga koeficijent μ i površina F_{lok} uzimaju se:

Kod trapeznog dijagrama naprezanja ispod ležaja grede:

$$\mu = \frac{1}{1 + \dfrac{C \cdot a \cdot tg\,\alpha}{2\,\sigma_0}}$$

$$F_{lok} = a \cdot b.$$

Kod trokutnog dijagrama naprezanja

$$\mu = 0{,}5$$

$$F_{lok} = a_0 \cdot b.$$

gdje

$$\sigma_0 = \frac{Q}{a_0 \cdot b}.$$

Udaljenost z težišta dijagrama naprezanja do unutarnjeg brida zida određuje se prema formulama:

Kod trapeznog dijagrama:

$$z = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left(1 - \frac{c \cdot a \cdot \operatorname{tg} \alpha}{6\,\sigma_0}\right) \qquad (107)$$

Kod trokutnog dijagrama:

$$z = \frac{1}{3} a_0 \qquad (108)$$

Primjedba: Kod statičkog računa zidova višekatnih zgrada dozvoljeno je približno uzeti

$$z = \frac{1}{3} a.$$

Proračun usidrenja u ziđe konzolnih greda računa se iz uvjeta da maksimalna rubna naprezanja od savijanja i tlaka od računskog opterećenja moraju biti u granicama računske otpornosti ziđa na lokalni pritisak. Kod toga dijagram naprezanja u uporišnim plohama gore i dolje uzima se u obliku trokuta.

Primjedbe:

1. Ako je ekscentricitet opterećenja s obzirom na sredinu površine usidrenja e_0 veći od dvostruke dubine usidrenja ($e_0 > 2$ a), nije potrebno uzimati u obzir naprezanja na pritisak.

2. Kod upotrebe podložnih ploča u obliku uskih gredica dužine manje od 1/3 dubine usidrenja, dozvoljava se ispod njih uzimati pravokutni dijagram naprezanja.

Proračun usidrenja u ziđe konzolnih greda (sl. 20) uzima se prema formuli:

$$Q \leqslant \frac{m \cdot m_z \cdot R_{lok} \cdot a \cdot b}{\frac{6\,e_0}{a} + 1} \qquad (109)$$

gdje je:

Q — računska prečna sila od ukupnog opterećenja na gredi;

a — dubina usidrenja u ziđe;

b — širina grede ili podložnih ploča;

e_0 — ekscentricitet računske sile s obzirom na sredinu dubine usidrenja:

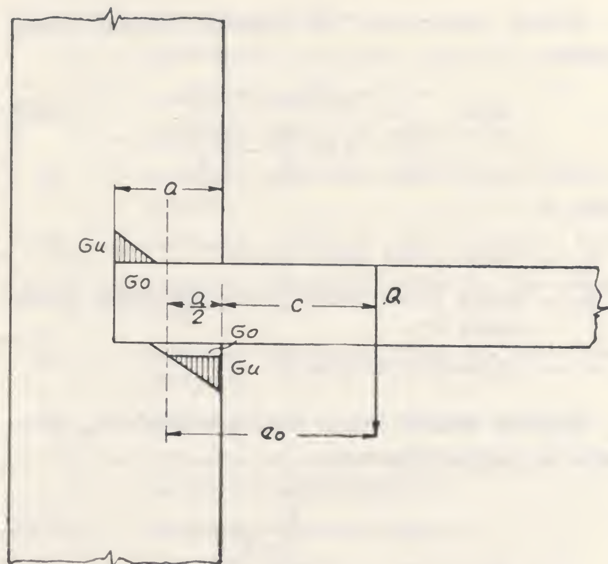
c — udaljenost sile Q od plohe zida.

$$e_0 = c + \frac{a}{2};$$

Potrebna dubina usidrenja može biti određena prema formuli:

$$a = \frac{2\,Q}{R_{lok} \cdot b} + \sqrt{\frac{6\,Q \cdot c}{R_{lok} \cdot b}} \qquad (110)$$

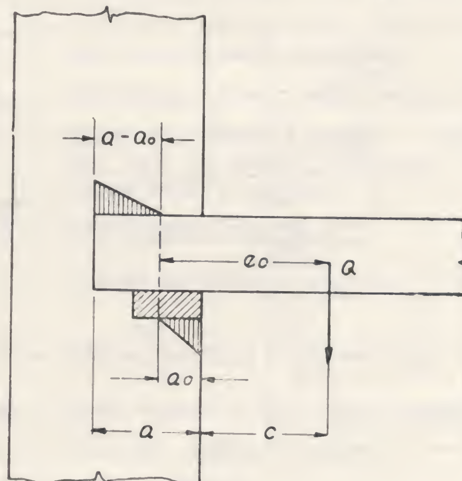
Ako usidrenje grede ne zadovoljava uvjetima proračuna prema formuli (109), potrebno je postaviti podložne ploče ili samo s donje vanjske strane grede (slika 21) ili s donje i gornje strane grede. Računsko opterećenje (Q) mora zadovoljavati proračunu prema formulama:

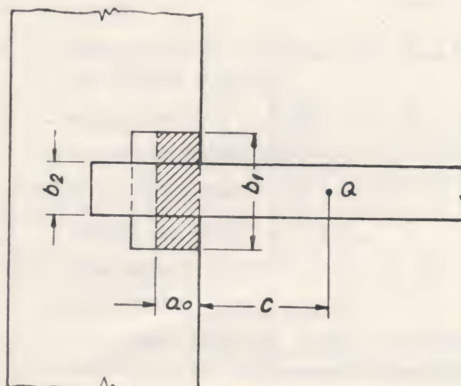


Sl. 20

Prema otpornostima za lokalni pritisak ispod grede:

$$Q \leqslant \frac{m \cdot m_z \cdot R_{lok} \cdot a \cdot b_1}{\frac{3\,e_0}{a} \cdot \left(1 + \frac{b_1}{b_2}\right) + \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \qquad (111)$$





Sl. 21

Prema otpornosti na lokalni pritisak iznad grede:

$$Q \leqslant \frac{m \cdot m_z \cdot R_{lok} \cdot a \cdot b_2}{\frac{3\,e_0}{a} \cdot 1 + \frac{b_2}{b_1} - \sqrt{\frac{b_2}{b_1}}} \tag{112}$$

gdje je:

b_1 — širina ploče ispod grede;

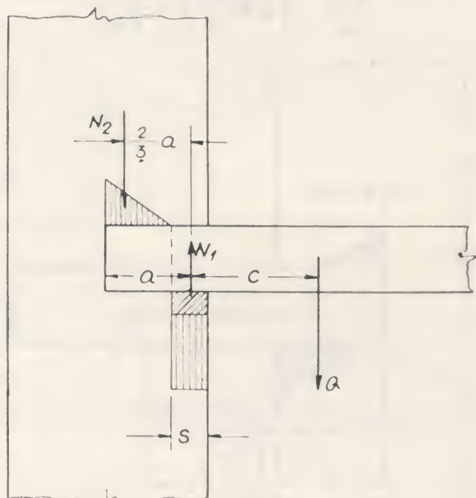
b_2 — širina ploče iznad grede ili širina grede (slika 21);

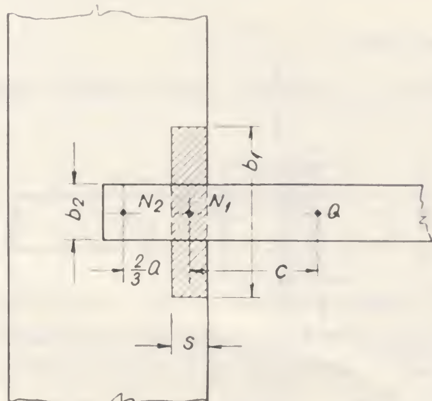
e_0 — ekscentricitet sile Q.

Korisna dužina donje podložne ploče a_0 određuje se prema formuli:

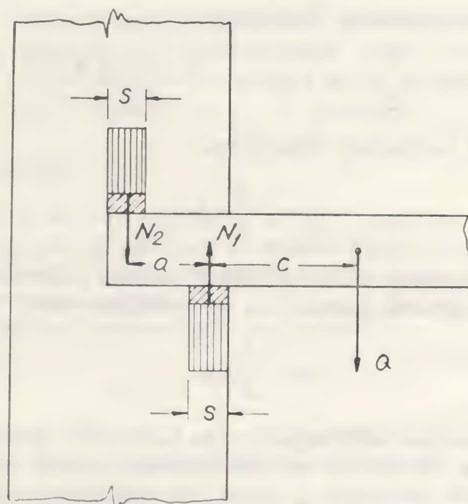
$$a_0 = \frac{a}{1 + \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \tag{113}$$

Statičke sheme za proračun usidrenja konzolnih greda s podložnim pločama u obliku uskih gredica prikazane su na sl. 22 i 23.





Sl. 22



Sl. 23

Dokumentacija i literatura

1. Norme i tehnički uslovi projektiranja zidanih i armirano zidanih konstrukcija (NiTU. — 120/55) — Moskva 1955.
2. Čurajon A. L., Džabua Š. A.: Konstruktivne sheme i čvorovi montažnih zgrada za seizmička područja — Moskva 1961.
3. Dmitrijev A. C. i Semencov S. A.: Zidane i armirano zidane konstrukcije. Gostrojizdat 1958.
4. Pasternak: Specijalni kurs armirano betonskih konstrukcija.
5. Građevinske norme i pravila, dio II. Norme građevinskog projektiranja — Moskva 1954.
6. Mitropoljskij, Ovečkin: Građevinske konstrukcije — Moskva 1958.
7. Stoljarov: Uvod u teoriju armiranog betona — prijevod na srpsko-hrvatski (Prof. dr ing. Andrejeva)
8. Oniščik L. J.: Istraživanje armirano zidanih konstrukcija — CNJJSK. Moskva 1957.
9. Korčinskij: Osnove projektiranja zgrada u zemljotresnim područjima, Beograd 1964.

10. DGA. 685, 684, 672, 674, ILG. 154 — Dokumentacija.

11. R. D. B. Fornaci Rizzi Donelli Breviglieri & C. Piacenza.

12. New ways of Building — London The architectural press.

13. Kolobov S.: Neki slučajevi primjene monta opeke — »Građevinar« XI-1953.

14. Kolobov S.: Armirani stupovi i zidovi od obične opeke — »Građevinar«.

15. Predlog tehničkih propisa za zidove od opeke — Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana.

16. Širola B. S.: Priručnik za armirani beton — Zagreb 1948.

17. Konstrukcije od armiranog morta. »Naučno-issledovateljskij institut betona i armiranog betona« — Moskva 1963.

Prilog 1.

Oznake kod proračunavanja armirano zidanih konstrukcija

R^n — normativna otpornost zida na tlak

R_{ts}^n — normativna otpornost ziđa na tlak kod sovijanja

R_{lok}^n — normativna otpornost ziđa kod lokalnih napona na pritisak

R_v^n — normativna otpornost ziđa na osovinski vlak

$R_{v \cdot s}^n$ — normativna otpornost ziđa na vlak kod savijanja

R_{sm}^n — normativna otpornost ziđa na smicanje

R_{gl}^n — normativna otpornost ziđa na glavne vlačne napone kod savijanja

R_a^n — normativna otpornost armature

$R_{a \cdot z}^n$ — normativna otpornost armiranog ziđa

K_z — koeficijent jednoličnosti ziđa

K_a — koeficijent jednoličnosti armature

E — modul elastičnosti ziđa

E′ — modul elastičnosti ziđa kod proračuna konstrukcije prema metodi graničnog stanja

E_0 — početni modul elastičnosti ziđa

α — elastična karakteristika nearmiranog ziđa

α_a — elastična karakteristika armiranog ziđa

F_z — površina zida

F_a — površina armature

v_z — volumen zida

v_a — volumen armature

p — procent armature

α_t — koeficijent linearnog proširenja zida

f — koeficijent trenja

R — računska otpornost ziđa na tlak

$R_{t \cdot s}$ — računska otpornost ziđa na tlak kod savijanja

R_{lok} — računska otpornost ziđa na lokalni tlak

R_v — računska otpornost ziđa na osovinski vlak

$R_{v \cdot s}$ — računska otpornost ziđa na vlak kod savijanja

$R_{sm.}$ — računska otpornost ziđa na smicanje

R_{gl} — računska otpornost ziđa na glavne vlačne napone kod savijanja

R_a — računska otpornost armature

$R_{a \cdot z}$ — računska otpornost armiranog ziđa

R_{red} — reducirana računska otpornost

m — koeficijent uslova rada elemenata konstrukcija

m_z — koeficijent uslova rada ziđa

m_b — koeficijent uslova rada betona

m_a — koeficijent uslova rada armature

m_{na} — koeficijent uslova rada ziđa kod proračuna na stvaranje naprslina

m_v — koeficijent uslova rada vezanja zida

M_{rz} — stepen otpornosti kamena na smrzavanje, koji je izražen s brojem ciklusa smrzavanja i otapanja

φ — koeficijent izvijanja

β — vitkost izražena s odnosom $\frac{l\,o}{a}$

λ — vitkost izražena s odnosom $\frac{l\,o}{r}$

a — kraća strana pravokutnog presjeka

l o — računska dužina elementa

l — dužina elementa

H — visina kata zgrade (razmak između stropova)

e_0 — ekscentricitet uzdužne sile N s obzirom na težište presjeka

e — ekscentricitet uzdužne sile N s obzirom na manje napregnuti rub presjeka

b — širina presjeka

h — visina presjeka

y — udaljenost težišta presjeka do višenapregnutog ruba

F_t — površina tlačnog dijela presjeka kod pravokutnog dijagrama naprezanja

Z — krak unutarnjeg para sila

z — vrijeme stvrdnjavanja maltera, u danima

W — moment otpora presjeka

I — moment inercije presjeka

n' — koeficijent preopterećenja

σ — naprezanje u presjeku

μ — koeficijent jednoličnosti dijagrama pritiska kod lokalnog opterećenja

S — statički moment površine

S_0 — statički moment površine cijelog presjeka zida s obzirom na težište manje tlačene (ili vlačne) armature F_a

S_0' — statički moment površine cijelog presjeka s obzirom na težište tlačne armature F_a'

S_t — statički moment tlačne zone presjeka zida s obzirom na težište armature F_a

S_a — statički moment površine presjeka armature F_a s obzirom na težište armature F_a'

S_a' — statički moment površine presjeka armature F_a' s obzirom na težište presjeka vlačne armature F_a

S_{tN} — statički moment tlačne zone presjeka zida s obzirom na tačku djelovanja sile N

F_a' — površina presjeka tlačne armature

F_a — površina presjeka vlačne armature

a' — debljina zaštitnog sloja armature F'_a

a — debljina zaštitnog sloja armature F_a

x — visina tlačne zone presjeka

N — računska uzdužna sila

S — razmak vilica ili visina hoda spirale

E_{gr} — granične relativne deformacije

K — koeficijent smanjenja vitkosti (β) zida

C — koeficijent stelišta.

Prilog 2

1) *Tipovi opeka i blokova od pečene gline prema JUS B.D1.011*

Naziv	Veličina u mm	marka
I. Opeka normalnog formata		
Puna opeka ON-P	250×120× 65	200—150—110— 70
Šuplja zidna opeka, ON-Š	250×120× 65	200—150—110
Fasadna puna opeka, ON-F	250×120× 65	200—150
Fasadna šuplja opeka, ON-FŠ	250—120— 65	200—150
Porozna opeka, ON-Por	250—120— 65	50
II. Šuplji zidni blokovi		
Obični zidni blokovi, OB-N	188—120—104 250—250—142 380—380—219	150—110
Fasadni zidni blokovi, OB-F	188—120—104 250—250—142 380—380—219 250—120— 65	200
Blokovi s uzdužnim šupljinama, OB-U	250—120— 65 250—250— 65	60
III. Radijalna opeka		
Opeka normalnog kvaliteta	250—160— 65 250—160— 90 200—160— 65 200—160— 90	150
Opeka višeg kvaliteta	150—160— 65 150—160— 90 100—160— 65 100—160— 90	200

2) *Tipovi blokova od betona*

Naziv	Veličina u mm	marka
Puna opeka od lakog betona s agregatom od granulirane drozge iz visokih peći	250—120— 65 250—250—130 250—250—250	100— 50
Puna opeka s agregatom od drobljene opeke	250—120— 65 250—250—130	100— 50
Puna opeka od gipsobetona	250—120— 65 250—250—130	100— 50
Šuplji betonski blokovi s agregatom od prirodnog šljunka ili granuliranog tučenca	400—250—130 250—250—130	150—100
Šuplji betonski blokovi s agregatom od granulirane drozge iz visokih peći	400—250—130 250—250—130	100— 50

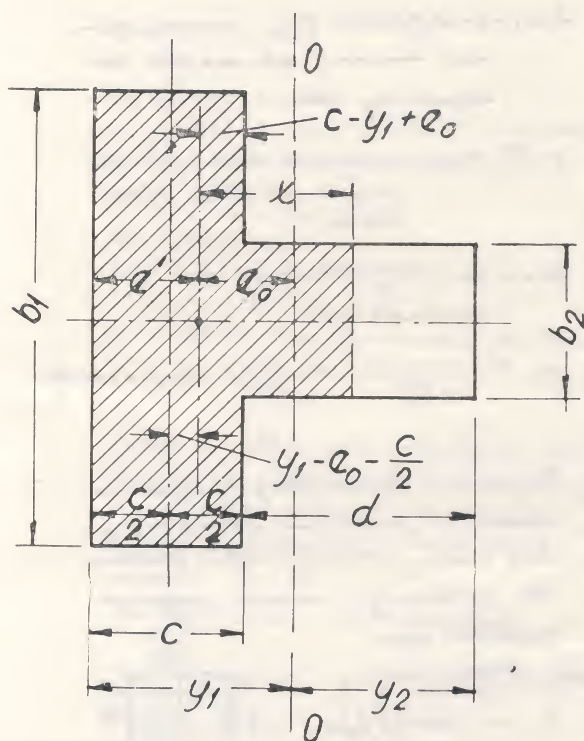
3. *Vrste prirodnog kamena*

Mogu se upotrijebiti sve vrsti prirodnog kamena koji se upotrebljava u građevinarstvu, minimalne marke 50.

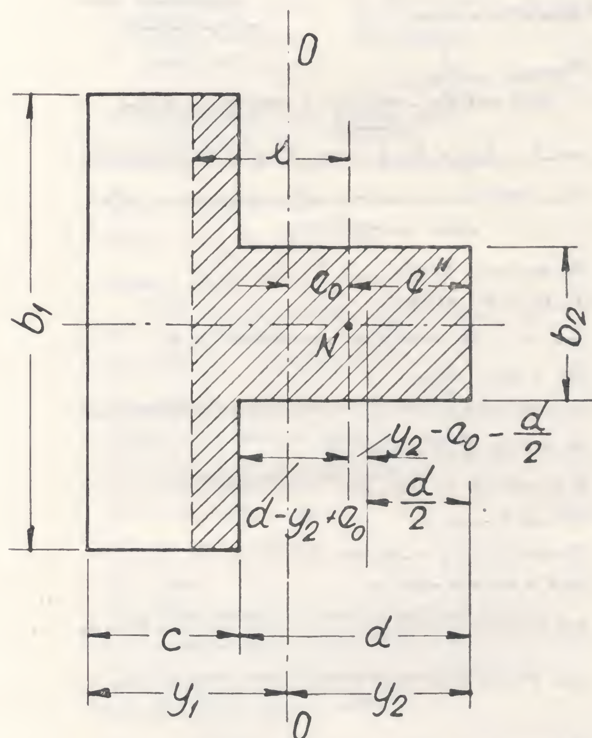
Prilog 3

Formule za određivanje dijela površine presjeka ziđa Fo koja uravnotežuje ekscentrično djelujuću silu kod pravokutnog dijagrama naprezanja

1. U općenitom slučaju za ekscentrično pritisnute površine složenih presjeka, položaj granice tlačne zone određuje se iz uvjeta, da je statički moment dijagrama naprezanja, s obzirom na os



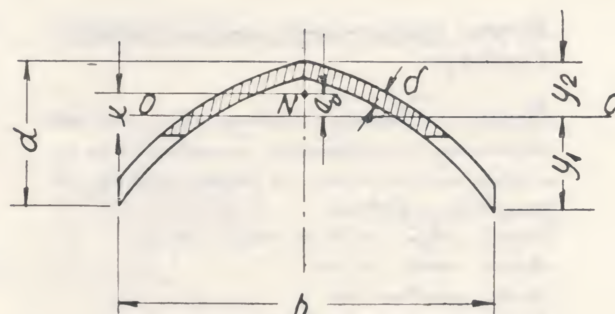
Sl. a



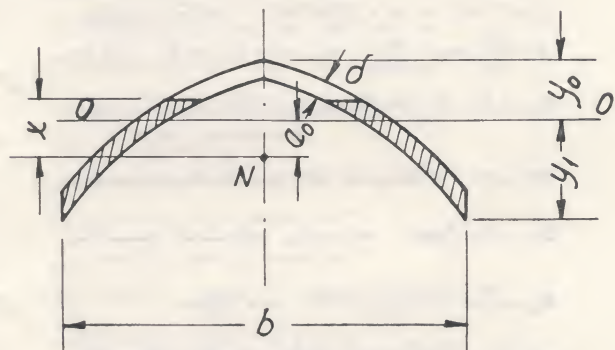
Sl. b

koja prolazi kroz hvatište tlačne sile N — jednak nuli.

2. Kod zida u obliku »T« presjeka udaljenost hvatišta sile do granice tlačne zone (x) određuje se prema formuli:



Sl. c



Sl. d

a) Kod ekscentriciteta na stranu ploče:

$$x = \sqrt{\frac{b_1 c}{b_2}(2e' - c) + (e' - c)^2}$$

ako je $e' \leqslant \frac{C}{2}$ — tlačna zona bit će samo dio ploče »T« presjeka simetričan s obzirom na hvatište sile N; u tom slučaju:

$$x = e'$$

b) Kod ekscentriciteta na stranu rebra (sl. b)

$$x = \sqrt{\frac{b_2 d}{b_1}(2e'' - d) + (e'' - d)^2}$$

kod

$$e'' \leqslant \frac{d}{2}$$

$$x = e''$$

Primjedba: U slučaju velikih ekscentriciteta ($e_0 \geqslant 0{,}45\ y$) može se uzeti za »T« presjek približno:

$$F_t = 2b\,(y - e_0)$$

i

$$a_t = 2\,(y - e_0)$$

3. Kod proračuna svodova dvostruke zakrivljenosti, udaljenost hvatišta sile do granice tlačne zone (x) može biti određeno prema formulama:

a) Ako je hvatište normalne sile iznad osi koja prolazi težištem presjeka sl. c):

$$x = 1{,}70\,(0{,}37\,h - e_0);$$

b) Ako je hvatište normalne sile ispod osi presjeka (sl. d):

$$x = 0{,}59\,(0{,}63\,h - e_0)$$

<u>Primjeri proračunavanja armirano zidanih konstrukcija</u>

<u>Primjer 1</u> - Proračun zidanog stupa od opeke armiranog s mrežicama armature ϕ 3.6 mm u okancima 10 × 10 cm u svakoj četvrtoj horizontalnoj sljubnici

Presjek stupa 38 × 64 cm, visina 400 cm.

Marka opeke M.O. 150

Marka maltera 100

$R = 22$ kg/cm² — (iz tabele 11)

$V_a = (5 \times 40 + 8 \times 65) \cdot \frac{\pi \cdot 0.36^2}{4} = 73.3$ cm³ – volumen armature

$V_z = 38 \times 64 \times 4 \times 7.5 = 72\,900$ cm³ — volumen zida

$p = \frac{V_a}{V_z} \cdot 100 = \frac{73.3}{72\,900} \cdot 100 = 0.101\,\% > 0.1\,\% \ldots (4.11)$

$R_{a.z} = R + \frac{2p \cdot m_a R_a}{100}$ — računska otpornost armiranog zida

$m_a = 0.8$ — koeficijent uslova rada armature

$R_a = 1600$ kg/cm² – računska otpornost armature

$R_{az} = 22 + \frac{2 \cdot 0.101 \cdot 0.8 \cdot 1600}{100} = 24.6$ kg/cm²

$m = 0.8$ – koeficijent uslova rada elementa konstrukcije

$m_z = 1$ – koeficijent uslova rada zida s mrežastom armaturom

$\beta_{red} = \frac{l_0}{a}\sqrt{\frac{1000}{d}}$

$l_0 = 400$ cm

$a = 38$ cm (kraća strana presjeka)

$\beta_{red} = \frac{400}{38} \cdot \sqrt{\frac{1000}{1000}} = 10.5$

$\varphi = 0.87$

Vertikalna sila s kojom se može centrično opteretiti stup

$N \leq m \cdot m_z \cdot \varphi \cdot R_{a.z} \cdot F$

$N \leq 0.8 \cdot 1 \cdot 0.87 \cdot 24.6 \cdot 38 \cdot 64 = 41600$ kg

<u>Ako je $p = 1\%$</u> (maksimum armiranja)

$R_{az} = 22 + \frac{2 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 1600}{100} = 47.6$ kg/cm²

$N \leq 0.8 \cdot 1 \cdot 0.87 \cdot 47.6 \cdot 38 \cdot 64 = 80500$ kg

<u>Isti stup bez armature</u>

$N \leq 0.8 \cdot 1 \cdot 0.87 \cdot 22 \cdot 38 \cdot 64 = 37200$ kg

<u>Primjer 2</u> - Stup iz prvog primjera opterećen s vertikalnom silom $N = 30000$ kg i momentom $M = 180000$ kgcm.

$l_0 = \frac{M}{N} = \frac{180000}{30000} = 6 \text{ cm} < \frac{64}{6}$

Za pravokutni presjek

$N \leq \frac{m \cdot m_z \cdot \varphi \cdot R_{a.z.s} \cdot F}{1 + \frac{2l_0}{h}}$

kod $p = 0.101\,\%$

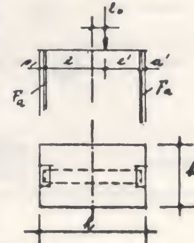
$R_{a.z.s} = R + \frac{2p\,m_a \cdot R_a}{100}\left(1 - \frac{2l_0}{y}\right)$ – računska otpornost armiranog zida na tlak kod ekscentričnog tlaka

$y = \frac{64}{2} = 32$ cm – udaljenost težišta do ruba presjeka na strani ekscentriciteta.

$R_{a.z.s} = 22 + \frac{2 \cdot 0.1 \cdot 0.8 \cdot 1600}{100}\left(1 - \frac{2 \cdot 6}{32}\right) =$
$= 22 + 1.6 = 23.6$ kg/cm²

$N = \frac{0.8 \cdot 1.0 \cdot 0.87 \cdot 23.6 \cdot 38 \cdot 64}{1 + \frac{2 \cdot 6}{64}} = \frac{39900}{0.812} = 49100 \text{ kg} > 30000 \text{ kg}$

<u>Primjer 3.</u> – Stup iz prvog primjera armiran s uzdužnom armaturom – slučaj malog ekscentriciteta. Uzdužna sila $N = 30000$ kg i moment savijanja $M = 240000$ kgcm.



$l_0 = \frac{240000}{30000} = 8$ cm

$R_{t.s} = 1.25 \cdot 22 = 27.5$ kg/cm²

$F_a' = F_a = 2.26$ cm² – ($2\phi 12$ mm)

$a = a' = 3$ cm

$h_0 = 64 - 3 = 61$ cm.

Obavezni uslov

$x = 0.55\,h_0$ – veličina x određuje se prema formuli

$m_z \cdot R_{t.s} \cdot b \cdot x\left(e - h_0 + \frac{x}{2}\right) - m_a \cdot R_a \cdot F_a' \cdot e' - m_a \cdot R_a \cdot F_a \cdot e = 0$

$m_z = 0.85$ – za armirano zide s vlačnom i tlačnom armaturom

$e = 32 - 3 + 8 = 37$ cm

$e' = 32 - 3 - 8 = 21$ cm

$m_a = 1$ – za uzdužnu armaturu Č 0.2

$R_a = 1600$ kg/cm²

$0.85 \cdot 27.5 \cdot 38 \cdot x \cdot \left(37 - 61 + \frac{x}{2}\right) - 1 \cdot 1600 \cdot 2.26 \cdot 21 - 1 \cdot 1650 \cdot 2.26 \cdot 37 = 0$

$890\,x \cdot \left(-24 + \frac{x}{2}\right) - 209600 = 0$

$x \cdot \left(-24 + \frac{x}{2}\right) - 236 = 0$

$x^2 - 48\,x - 472 = 0$

$x = 24 \pm \sqrt{24^2 + 472} = 56.4$ cm

$56.4 \geq 0.55 \cdot 61 = 33.6$ cm

$N = \frac{0.8 \cdot 0.87 \cdot [0.5 \cdot 0.85 \cdot 22 \cdot 38 \cdot 61^2 + 1 \cdot 1600 \cdot 2.26 \cdot 58]}{37} = 30600 \text{ kg}$

$N = \frac{0.8 \cdot 0.87 \cdot [0.5 \cdot 0.85 \cdot 22 \cdot 38 \cdot 61^2 + 1 \cdot 1600 \cdot 2.26 \cdot 58]}{31} = 50700 \text{ kg}$

<u>Primjer 4.</u> – Stup iz prvog primjera armiran s uzdužnom armaturom – slučaj velikog ekscentriciteta. Uzdužna sila $N = 20000$ kg i moment savijanja $M = 600000$ kgcm.

$l_0 = \frac{600000}{20000} = 30$ cm.

$F_a' = F_a = 4.02$ cm² – ($2\phi 16$ mm)

$l = 32 - 3 + 30 = 59$ cm

$l' = 30 + 3 - 32 = 1$ cm

Prvi uslov $x < 0.55 \cdot h_0$

$0.85 \cdot 27.5 \cdot 38 \cdot x \cdot (59 - 61 + \frac{x}{2}) + 1 \cdot 1600 \cdot 4.02 \cdot 1 - 1 \cdot 1600 \cdot 4.02 \cdot 59 = 0$

$890\, x \cdot (-2 + \frac{x}{2}) - 372\,570 = 0$

$x^2 - 4x - 837 = 0$

$x = 2 \pm \sqrt{4 + 837} = 31$ cm

$31 < 0.55 \cdot 61 = 33.6$ cm.

Drugi uslov $x \geq 2a'$

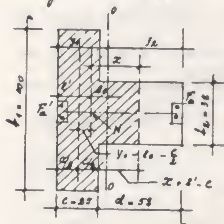
$31 > 2 \cdot 3$

$N \leq 0.8 \cdot 0.87 \cdot (0.85 \cdot 27.5 \cdot 38 \cdot 31 + 1 \cdot 1600 \cdot 4.02 - 1 \cdot 1600 \cdot 4.02) =$
$= 21\,400$ kg

<u>Primjer 5</u> — Stup-pilov industrijske hale opterećen je s vertikalnom silom $N = 50000$ kg i momentom savijanja $M = \pm 500000$ kgcm. Potrebno je izračunati potrebnu površinu armature F_a' i F_a.

$l_0 = \frac{500000}{50000} = 10$ cm — mali ekscentricitet

Uvjet $S_t \geq 0.8\, S_0$



$y_2 = \frac{25 \cdot 100 \cdot 64.5 + 52 \cdot 38 \cdot 26}{25 \cdot 100 + 52 \cdot 38} = \frac{212\,400}{4475} = 47.5$ cm.

$y_1 = 77 - 47.5 = 29.5$ cm

$l' = 29.5 - 10 = 19.5$ cm

$F_a = F_a' = 4.02$ cm² — <u>2 ø 16</u> mm

Vidi prilog 3.

a) Ekscentricitet na stranu zida

$x = \sqrt{\frac{100 \cdot 25}{38} \cdot (2 \cdot 19.5 - 25) + (19.5 - 25)^2} = 30.8$ cm

$F_t = 25 \cdot 100 + 25.3 \cdot 38 = 3462$ cm²

$x + l' - c = 30.8 + 19.5 - 25 = 25.3$ cm

Položaj težišta tlačne površine

$y_3 = \frac{25 \cdot 100 \cdot 37.8 + 25.3 \cdot 38 \cdot 12.65}{3462} = \frac{106660}{3462} = 30.8$ cm $= x$

$S_0 = 4475 \cdot (47.5 - 3) = 199000$ cm³

$S_t = 3462 \cdot (77 - 19.5 - 3) = 188500$ cm³.

$188500 > 0.8 \cdot 199000 = 159500$ — uvjet

$S_a = S_a' = 4.02 \cdot (77 - 6) = 285$ cm³.

$l_1 = l' - a' = 19.5 - 3 = 16.5$ cm.

$l = 77 - 19.5 - 3 = 54.5$ cm

$\alpha = 1000$

$J_z = \frac{1}{12} \cdot 100 \cdot 25^3 + \frac{1}{12} \cdot 38 \cdot 52^3 + 25 \cdot 100 \cdot 17^2 + 38 \cdot 52 \cdot 11^2 =$
$= 130000 + 445000 + 723000 + 239000 = 1537000$ cm⁴

$F = 4475$ cm²

$i = \sqrt{\frac{1537000}{4475}} = \sqrt{344} = 18.5$ cm

$\lambda_{red} = \frac{400}{18.5} \cdot \sqrt{\frac{1000}{1000}} = 21.6 \longrightarrow \varphi = 0.96$

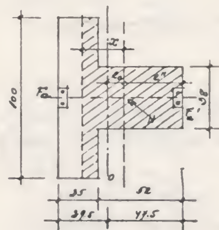
$N \leq \frac{1 \cdot 0.96 (0.85 \cdot 22 \cdot 199000 + 1 \cdot 1600 \cdot 285)}{54.5} = \frac{4010000}{54.5} = 73500$ kg

$S_0' = 4475 \cdot (29.5 - 3) = 118500$ cm³

$N \leq \frac{1 \cdot 0.96 \cdot (0.85 \cdot 22 \cdot 118500 + 1 \cdot 1600 \cdot 285)}{16.5} = 153500$ kg

$\mu = \frac{2 \cdot 4.02}{4475} = 0.0018 = 0.18\,\% > 0.05\,\%$

b) <u>Ekscentricitet na stranu pilova</u>



$y_1 = 29.5$ cm

$y_2 = 47.5$ cm

$l_0 = 10$ cm

$l' = 37.5$ cm

$F_a = F_a' = 4.02$ cm² — 2 ø 16 mm

$x = \sqrt{\frac{38 \cdot 52}{100} \cdot (2 \cdot 37.5 - 52) + (37.5 - 52)^2} = 25.8$ cm.

$F_t = 38 \cdot 52 + 100 \cdot 11.3 = 1975 + 1130 = 3105$ cm²

Položaj težišta tlačne površine

$y_3 = l' = 37.5$ cm

$S_0 = 4475 \cdot (29.5 - 3) = 118500$ cm³

$S_0' = 4475 \cdot (47.5 - 3) = 199000$ cm³

$S_t = 3105 \cdot (77 - 37.5 - 3) = 113300$ cm³

$S_t \geq 0.8\, S_0$ — uvjet

$113300 > 0.8 \cdot 118500 = 94800$ cm³

$S_a = S_a' = 4.02 \cdot (77 - 6) = 285$ cm³

$l_1 = 37.5 - 3 = 34.5$ cm

$l = 77 - 37.5 - 3 = 36.5$ cm

$m = 1$

$\varphi = 0.96$

$N = \frac{1 \cdot 0.96 \cdot (0.85 \cdot 22 \cdot 118500 + 1 \cdot 1600 \cdot 285)}{36.5} = 70300$ kg

$N \leq \frac{1 \cdot 0.96 \cdot (0.85 \cdot 22 \cdot 199000 + 1 \cdot 1600 \cdot 285)}{34.5} = 116300$ kg

<u>Primjer 6</u> — Stup iz primjera 5 samo je uzdužna sila $N = 40000$ kg i moment savijanja $M = 800000$ kgcm.

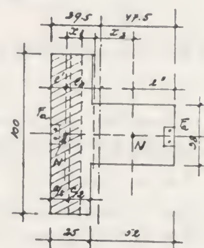
$l_0 = \frac{800000}{40000} = 20$ cm — veliki ekscentricitet

Ekscentricitet na stranu zida

Uvjet $S_t \leq 0.8\, S_0$

$F_a' = 6.28$ cm² — 2 ø 20 mm

$F_a = 3.08$ cm² — 2 ø 14 mm



$y_2 = 47.5$ cm

$y_1 = 29.5$ cm

$l' = 29.5 - 20 = 9.5$ cm

$l' = c/2$ $x_1 = l' = 9.5$

$S_0 = 199000$ cm³ $F_t = 100 \cdot 2 \cdot 9.5 = 1900$ cm²

$S_0' = 118500$ cm³

$S_t = 100 \cdot 2 \cdot 9.5 \cdot (77 - 9.5 - 3) = 122500$ cm³

$S_a' = 6.28 \cdot 71 = 446$ cm³, $l = 77 - 9.5 - 3 = 64.5$ cm

$S_a = 3.08 \cdot 71 = 219$ cm³, $l_1 = 9.5 - 3 = 6.5$ cm

$122500 < 0.8 \cdot 199000 = 159000$ cm³

$N \leq 1 \cdot 0.96 (0.85 \cdot 27.5 \cdot 1900 + 1 \cdot 1600 \cdot 6.28 - 1 \cdot 1600 \cdot 3.08) = 47500$ kg

Uvjet $64.5 \leq 77 - 3 - 3 = 71$ cm

b) Ekscentricitet na stranu rebra

$l_o = 20$ cm

$l' = 47.5 - 20 = 27.5$ cm $> \frac{52}{2}$

$x_2 = \sqrt{\frac{38 \cdot 52}{100} \cdot (2 \cdot 27.5 - 52) + (27.5 - 52)^2} = \sqrt{659} = 25.7$ cm

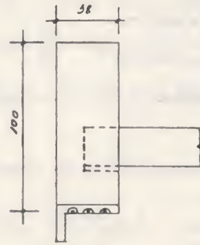
$F_t = (27.5 + 25.7) \cdot 38 = 2020$ cm²

$S_o = 118500$ cm³

$S_t = 2020 \cdot (27.5 - 3) = 49500$ cm³

$N = 1 \cdot 0.96 \cdot (0.85 \cdot 27.5 \cdot 2020 + 1 \cdot 1600 \cdot 3.08 - 1 \cdot 1600 \cdot 6.28) = 40500$ kg

<u>Primjer 7</u> — Proračun nadprozorskog nadvoja od armiranog zida. Raspon (svijetli) $l_o = 3.00$ m. Upotrijebiti jednostruku armaturu



$l = 1.05 \cdot 3.00 = 3.15$ m

$F_a = 3.39$ cm² — 3 ⌀ 12 mm

$p = \frac{3.39}{3800} = 0.0009 = 0.09\%$

Opterećenje.

prozor $2.50 \cdot 0.050 = 0.125$ t/m'

strop $\frac{1}{2} \cdot 5.50 \cdot 0.550 = 1.515$ „

zl. težina $0.38 \cdot 1.05 \cdot 1.70 = \underline{0.680}$ „

$q = 2.320$ t/m'

$Q = \frac{1}{2} \cdot 2.32 \cdot 3.15 = 3.65$ t

$M = \frac{q}{8} \cdot 2.32 \cdot 3.15^2 = 2.87$ tm $= 287000$ kgcm

Uvjeti: $x = 0.55\, h_o$

$x \geq 2a$

$z = h_o - \frac{x}{2}$

Položaj neutralne osi

$m_a \cdot R_a \cdot F_a = m_z \cdot R_{ts} \cdot b \cdot x$

$m_a = 1$

$R_a = 1600$ kg/cm² — za ČN 22

$m_z = 1$

$R_{ts} = 1.25 \cdot 22 = 27.5$ kg/cm²

$b = 38$ cm

$h_o = 103 - 3 = 100$ cm

$x = \frac{1 \cdot 1600 \cdot 3.39}{1 \cdot 27.5 \cdot 38} = 5.2$ cm

$M = 1 \cdot 1 \cdot 27.5 \cdot 38 \cdot 5.2 \cdot (100 - \frac{5.2}{2}) = 530000$ kgcm

$x \leq 0.55 \cdot 100 = 55$ cm

Armatura odgovara

$z = h_o - \frac{x}{2} = 100 - 2.6 = 97.4$ cm

$Q \leq m \cdot m_z \cdot R_{gl} \cdot b \cdot z$

$R_{gl} = 3$ kg/cm² — za M.O 150

$Q = 1 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 38 \cdot 97.4 = 11000$ kg

<u>Primjer 8</u> — Stup od opeke presjeka 38 · 64 cm napuknuo je po sljubnicama i po opekama. Približni račun pokazao je da je stup opterećen s uzdužnom silom N = 30 000 kg. Potrebno je stup pojačati pomoću čeličnih obujmica. Visina stupa je 4.00 m. Obavljenim ispitivanjem konstatirana je marka opeke M.O. 100 i morta 25.

$a = 64$ cm

$b = 38$ cm

$\frac{a}{b} = \frac{64}{38} < 2.5$

$\alpha = 750$ — za mort marke 25 kg/cm²

$\beta_{red} = \frac{400}{38} \cdot \sqrt{\frac{1000}{750}} = 12.1$ — $\varphi = 0.84$

$m_z = 0.7$ — za oštećeno zide

$m_a = 0.6$

$m = 0.8$

$R = 13$ kg/cm² — za M.O 100 i mortu marke 25

$F_a = 4 \cdot 6.91 = 27.6$ cm² —— <u>4 L 60 · 60 · 6 mm</u>

$S = 40$ cm — razmak između horizontalnih vezova od plosnog čelika <u>5 · 40 mm</u>

$F_a' = 0.5 \cdot 4.0 = 2.00$ cm²

$p = \frac{2 \cdot 27.6 \cdot (38 + 64)}{38 \cdot 64 \cdot 40} \cdot 100 = \frac{552000}{97300} = 5.67\ \%$

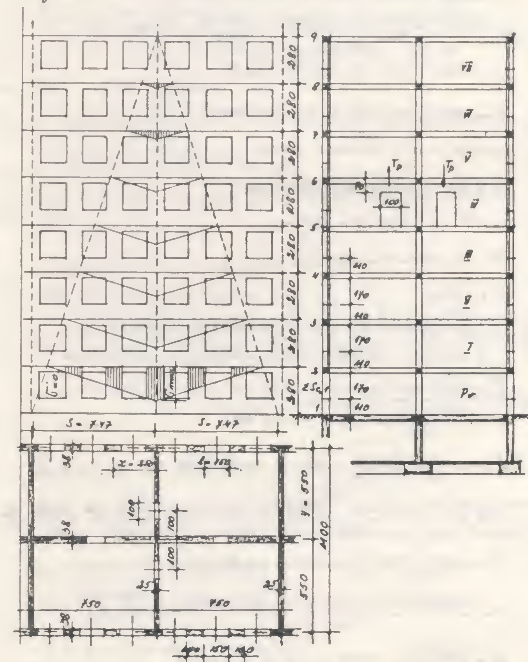
$N \leq 0.8 \cdot 0.84 \cdot \left[\left(0.7 \cdot 13 + \frac{2.5 \cdot 5.67}{1 + 2.5 \cdot 5.67} \cdot \frac{0.6 \cdot 1600}{100}\right) \cdot 38 \cdot 64 + \right.$

$\left. + 0.6 \cdot 1600 \cdot 2.00\right] =$

$= 0.8 \cdot 0.84 \cdot [44000 + 1920] = 30800$ kg.

<u>Primjer 9</u> — Zgrada zidana od opeke M.O. 100 u produžnom cementnom mortu marke 50 visine P+7 (visina zida od opeke 8 · 2.80 = 22.40 m i podrum od betona M.B 110 visine 2.80 m) nalazi se u VII seizmičkoj zoni. Potrebno je obaviti kontrolu otpornosti zgrade na djelovanje seizmičkih sila

Prema preporukama iz N.T.U-120/55 zidane zgrade do visine 24 m uobičajene konstrukcije nije potrebno proračunavati na djelovanje vjetra u zonama s umjereno-jakim intenzitetom tlaka vjetra, (što odgovara našim zonama I i II)



Sila od potresa koja djeluje u visini stropa nad prizemljem

$$\Sigma S_c = 8.91\ t$$
$$M^{c}_{z,1} = 141.86$$

Sudjelujuća širina uzdužnog zida

$F_{b_2} = 0.38 \cdot 7.50 = 2.85\ m^2$

$F_{ut} = 0.38 \cdot 3 \cdot 1.00 = 1.14\ m^2$

$\Sigma h_n = 0.25 + 7 \cdot 1.10 = 7.95\ m$

$$S = 0.7\ \Sigma h_n \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{b_2}}{F_{ut}}} = 0.7 \cdot 7.95 \cdot \sqrt[3]{\frac{2.85}{1.14}} = 7.47\ m$$

Dopunska uzdužna sila $N_{dop.1}$ u prozorskim pilovima uzdužnih zidova uslijed. savijanja prostornog sistema zidova zgrade kod djelovanja horizontalnih sila

$$N_{dop.1} = \frac{M^{c}_{z,1} \cdot F \cdot y}{J_{ut}} \cdot \left(1 - \frac{x}{S_1}\right)$$

$y = 5.50\ m$

$x = 2.50\ m$

$S = 7.47\ m$

$F = 0.38 \cdot 1.00 = 0.38\ m^2$

$$J_{ut} = \left(\frac{1.14}{2.85} \cdot \frac{7.47 \cdot 0.38^3}{12} + \frac{1.14}{2.85} \cdot 7.47 \cdot 0.38 \cdot 5.50^2\right) \cdot 2 + \frac{1}{12} \cdot 7.50 \cdot 0.38^3 +$$
$$+ \left[\frac{1}{12} \cdot 0.25 \cdot 10.62^3 - 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 0.25 \cdot 1.00^3 + 0.25 \cdot 1.00 \cdot 1.00^2\right)\right] =$$
$$= (0.034 + 34.30) \cdot 2 + 0.0344 + [25.00 - 0.54] = 93.16\ m^4$$

$$N_{dop.1} = \frac{141.86 \cdot 5.50}{93.16} \cdot \left(1 - \frac{2.50}{7.47}\right) = 5.58\ t$$

Dopunsko naprezanje u prvom prozorskom pilonu (do poprečnog zida)

$$\sigma_{dop.1} = \frac{5.58}{0.38 \cdot 1.00} = 14.7\ t/m^2 = 1.47\ kg/cm^2$$

Ukupna težina zgrade

Težina krova 220 t

Težina kata 252 t

$N = 220 + 7 \cdot 252 = 1984\ t$

Površina nosiv zidova – svi su zidovi nosivi!

$\Sigma F_{ut} = 30.28\ m^2$

Naprezanje zidova – osnovno

$$\sigma_0 = \frac{1984}{30.28} = 65.50\ t/m^2$$

Naprezanje uslijed. upetosti stropova u zidove

$$M_{up} = 1.27 \cdot \frac{665}{2 \cdot 665 + 274} = 0.53\ tm$$

$$W = \frac{1.00 \cdot 0.38^2}{6} = 0.024\ m^3$$

Ukupno naprezanje zida pilova u prizemlju

$$\sigma_z = 65.50 + 14.70 + \frac{\frac{2.50}{1.00} \cdot 0.53}{0.024} = 65.50 + 14.70 + 55.2 = 135.40\ t/m^2$$

ili kao ekscentr. tlačenih.

$N = (65.50 + 14.70) \cdot 0.38 \cdot 1.00 = 30.50\ t$

$$l_0 = \frac{0.53}{30.50} = 0.0175\ m$$

$y = 0.19\ m$

$l_0 \leq 0.45 \cdot 0.19 = 0.085\ m$

$\alpha = 1000$

$$\beta = \frac{280}{38} \cdot \sqrt{\frac{1000}{1000}} = 7.36 \quad — \varphi = 0.93$$

$R = 15\ kg/cm^2$

$F = 38 \cdot 100 = 3800\ cm^2$

$m = 1$

$m_2 = 1$

$$N \leq \frac{1 \cdot 1 \cdot 0.93 \cdot 15 \cdot 3800}{1 + \frac{2 \cdot 1.75}{38}} = \frac{53000}{1.092} = 48500\ kg$$

pilon nije potrebno armirati!

$$R_{sm} = \sqrt{R_{gl} \cdot (R_{gl} + \sigma_0)}$$

$\sigma_0 = 0.9 \cdot \sigma_a = 0.9 \cdot 6.55 = 5.9\ kg/cm^2$

$R_{gl} = 2.5\ kg/cm^2$

$$R_{sm} = \sqrt{2.5 \cdot (2.5 + 5.9)} = \sqrt{21} = 4.59\ kg/cm^2$$

$\mu = 1.15$ — (za I presjek)

$$\sigma_{sm} = \frac{\Sigma S_{c,1} \cdot \mu}{m \cdot m_2 \cdot a \cdot b}$$

$a = 0.25\ m$

$b = 11.00\ m$

$\Sigma S_{c,1} = 8.91\ t$

$$\sigma_{sm} = \frac{8910 \cdot 1.15}{1 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1100} = \frac{10250}{27500} = 0.37\ kg/cm^2 < 1$$

Računska posmična sila u nadprozorskom zidu – uzdužnog zida

$$T_v = \frac{\Sigma S_{c,1} \cdot h}{2 \cdot b} \cdot \left(1 - \frac{x}{S}\right)^2$$

$h = 2.80\ m$

$b = 11.00\ m$

$x = 2.50\ m$

$S = 7.47\ m$

$$T_v = \frac{8.91 \cdot 2.80}{2 \cdot 11.00} \cdot \left(1 - \frac{2.50}{7.47}\right)^2 = 1.13 \cdot 0.442 = 0.50\ t$$

σ_{gl} – glavno naprezanje na vlak kod savijanja

σ_{vs} – naprezanje na vlak kod savijanja

$$\sigma_{gl} = \frac{3 T_v}{2 \cdot m \cdot m_2 \cdot a \cdot h_n} = \frac{3 \cdot 500}{2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 38 \cdot 110} = \frac{1500}{8360} = 0.18\ kg/cm^2$$

$h_n = 1.10\ m$ — visina nadprozorskog zida

$a = 0.38\ m$

$$\sigma_{vs} = \frac{3 T_v}{m \cdot m_2 \cdot a \cdot h_n} \cdot \frac{l}{h_n} = \frac{3 \cdot 500}{1 \cdot 1 \cdot 38 \cdot 110} \cdot \frac{1.50}{1.10} = 0.49\ kg/cm^2 < 1$$

$l = 1.50\ m$ — svijetli raspon prozora

$$M = \frac{0.50 \cdot 1.50}{2} = 0.375\ tm$$

Računska posmična sila u nadvratnom zidu – u poprečnom zidu

$$T_p = \frac{\Sigma S_{c,1} \cdot h \cdot \mu}{b} = \frac{8.91 \cdot 2.80 \cdot 1.15}{11.00} = \frac{28.70}{11.00} = 2.61\ t$$

$$\sigma_{gl} = \frac{3 \cdot 2.61}{2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 0.70} = 22.2\ t/m^2 = 2.22\ kg/cm^2 \approx 2$$

$h_n = 0.70\ m$

$$\sigma_{vs} = \frac{3 \cdot 2.61}{1 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 0.70} \cdot \frac{1.00}{0.70} = \frac{7.83}{0.175} \cdot 1.43 = 64.0\ t/m^2 = 6.4\ kg/cm^2$$

$l = 1.00\ m$

$$M = \frac{2.61 \cdot 1.00}{2} = 1.31\ tm$$

Iznad vrata u poprečnom zidu izvesti armirano betonski nadvoj.

(Nastavit će se)

S naših i inostranih gradilišta

GRADNJA HIDROELEKTRANE BAJINA BAŠTA

Milan Jančiković i Ing. Dragutin Kovačec, Zagreb

Hidroelektrana Bajina Bašta podiže se od 1961. na Drini, koja u usporedbi sa ostalim jugoslavenskim rijekama ima najveći usporedni energetski potencijal od cca 12 milijardi kWh godišnje, što čini 18% od ukupnog energetskog potencijala jugoslavenskih rijeka.

Srednja protoka Drine je 350 m³/sek, a katastrofalna dostiže 12.000 m³/sek.

Hidrosistem rijeke Drine obuhvaća prema projektima ove hidroelektrane:

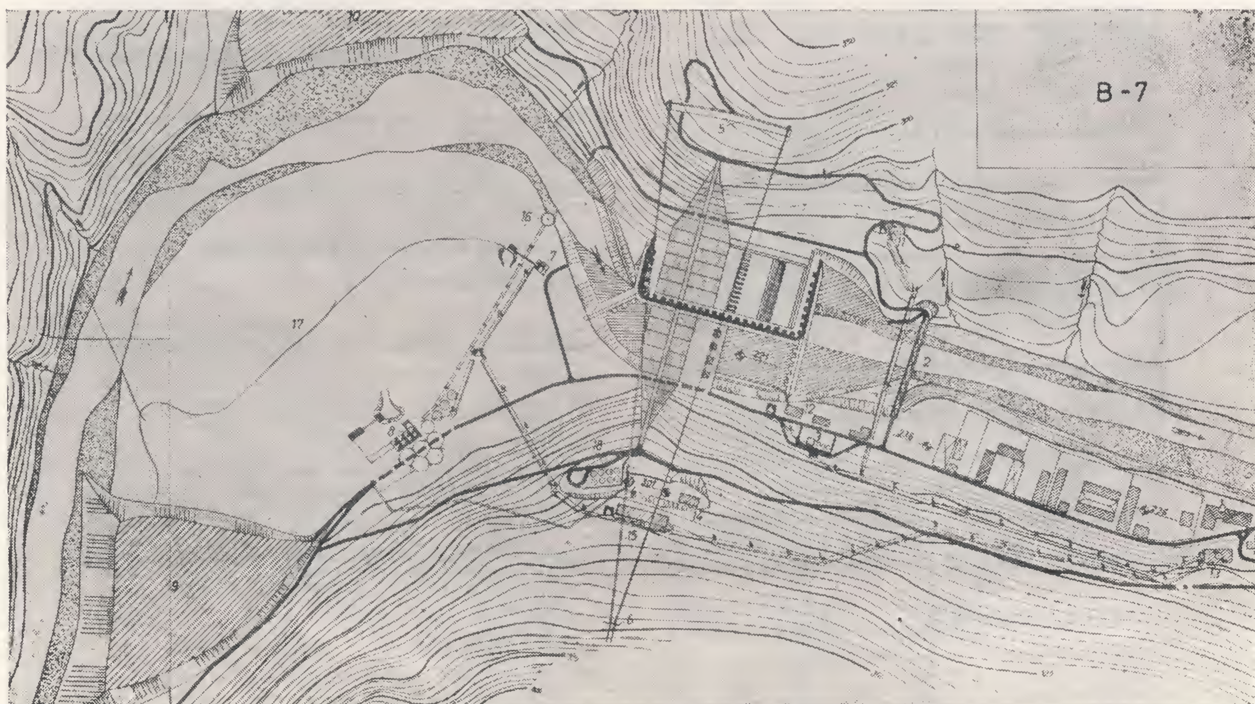
Naziv HE	Instalirana snaga MW	Korisna akumulacija $10^6 m^3$	God. proizvodnja GWh
Kokin Brod r. Uvac	20 MW	220	363
Bistrica r. Lim	101 MW	4	
Bajina Bašta Drina	246 MW	218	1.600
Zvornik Drina	90 MW	23	406
Ukupno:	457 MW		2.369 GWh

HE Bajina Bašta smještena je kod mjesta Perućac, oko 10 km uzvodno od gradića Bajina Bašta, a sastoji se od 89,8 m visoke i 460 m u kruni dugačke gravitacione betonske brane i pribranske elektrane. Brana akumulira ukupno jezero od 340 miliona m³, od toga 218 miliona m³ korisne akumulacije. Dužina jezera iznosi oko 50 km. Pribranska strojarnica nalazi se neposredno ispod brane. Građena je za 4 agregata jačine po 100 MVA sa Francis turbinama na vertikalnoj osovini, svaka jačine 120.000 KS i protokom od 150 m³ vode u sekundi pri maksimalnom padu od 70 m. U prvoj etapi izgradnje bit će samo tri agregata, koji će godišnje proizvoditi 1.437 GWh. Četvrti agregat postavit će se kasnije za podmirenje potreba u električnoj energiji aluminijskog kombinata, koji će se graditi u Crnoj Gori.

Troškovi izgradnje HE Bajine Bašte iznose oko 48 milijardi st. dinara, od čega oko 25 milijardi otpada na građevinske radove. Prvi generator već je montiran i u probnom pogonu je od kraja septembra, drugi i treći agregat trebaju biti u pogonu do kraja 1966.

Glavni nosilac projektanskih radova bio je »Energoprojekt« iz Beograda, a građevnih radova je G. p. »Hidrotehnika« iz Beograda. Strojarsku opremu isporučuje i montira »Rade Končar« iz Zagreba. Najmasovniji su bili zemljani i betonski radovi. Zemljanih radova bilo je ukupno 1,7 miliona m³, a betonskih oko 1 milion m³.

Početku izgradnje HE Bajine Bašte prethodili su još od 1949. godine započeti istražni radovi. Zagrebački »Elektrosond« istraživao je na nekoliko desetaka profila rijeku Drinu, da bi našao tehnički najpovoljnije i ekonomski najopravdanije mjesto za izgradnju buduće brane i strojarnice HE Bajine Bašte. Obavljana su istražno-strukturna bušenja sa ispitivanjem nepropusnosti tla, izvedba probnih in-



Sl. 1

jekcijskih polja, galerija i neki drugi radovi. Na nekim mjestima ustanovljena je opasnost od aktiviranja klizišta ispod akumulacije, čije saniranje bi iziskivalo enormne troškove i količine utroška suhe tvari.

Konačno mjesto na kome se danas nalazi HE Bajina Bašta fiksirano je nakon sedam kilometara izvršenih probnih bušenja i nakon utroška od preko 1000 tona suhe tvari na injektiranju probnih polja.

Konsolidacija tla obavlja se od 1963. injektivnim zahvatima na vrlo propusnom melafiru i škriljevcu s proslojcima pješčara. Radovi na injekcionoj zavjesi završeni su do jeseni 1966. i iznosili su oko 50 km bušotina uz utrošak preko 10.000 tona suhe tvari. U tehnologiji rada na brtvljenju bile su teškoće u načinu bušenja, jer se u zoni škriljaca moralo strogo voditi računa o njihovom bubrenju u vodi.

Situaciju gradilišta i ujedno osnovnu organizacionu shemu gradilišta prikazuje sl. 1 na kojoj označuju: 1 — upravu gradilišta, 2 — čelični pomoćni most preko Drine, 3 — pomoćna tvornica betona, 4 — glavna tvornica betona, 5 i 6 — radijalni kablkran iznad brane, 7 — separaciju pijeska, 8 — postrojenje za pripremu agregata s deponijama, 9 i 10 — pozajmišta, 11 — trafostanicu, 12 — kompresorsku stanicu, 13 — gradilišnu elektranu, 14 — laboratorij za ispitivanje materijala, 15 — strojarnicu kablkrana, 16 — pumpnu stanicu, 17 — pozajmište pijeska, 18 — silosi za cement, 19 — radionice.

Sl. 2 prikazuje opći izgled brane sa stanjem radova polovinom 1966.

Sl. 3 prikazuje rasklopno postrojenje pribranske elektrane s uzvodne strane.

Sl. 4 prikazuje gradnju pregradnih zidova između prelivnih polja.

Sl. 5 prikazuje uništač energije kod temeljnih ispusta.

Sl. 6 prikazuje portalne krovove iznad strojarnice.

Sl. 7 prikazuje nizvodnu stranu brane kod strojarnice.

Brana je kombinirana betonska gravitaciona tipa Marcello (vidi »Tehničar«, građevinski priručnik 3. dio, strane 1209—1210, sl. 388, 389 i 390). Po tipu je to raščlanjena i olakšana gravitaciona brana simetričnog profila, rađena po uzoru brane Aucipa na Siciliji, visine 102 m. Ove brane su ekonomičnije od masivnih gravitacionih zbog uštede u betonu i kraćeg građenja, ali su složenije u izvedbi i zahtijevaju savršeniju organizaciju građenja.

Gradilište HE Bajina Bašta organizirano je po sistemu »privrednih gradilišta«, kod kojih se radni procesi ostvaruju sistemom specijaliziranih pogona (pozajmišta, šljunčara, betonara, kompresorska stanica, betonski pogon, armirački pogon itd.). Prete-



Sl. 3



Sl. 2

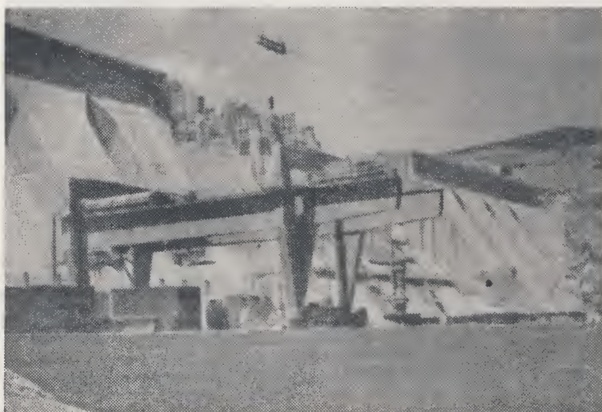


Sl. 4

žni dio unutrašnjeg transporta u toku cijele gradnje preuzeo je radijalni kablkran. Rad na iskopu i podizanju brane izvođen je u dvije faze: u prvoj fazi izgrađen je zagat na lijevoj obali Drine i tok rijeke skrenut prema obali, te tako izvršena devijacija korita rijeke. Na iskopu 1,7 miliona m³ zemlje radili su bageri »Weserhütte« s kašikom zapremine 1,35—2,5 m³, 28 dampera »Euclid« nosivosti po 15 tona, 6 buldožera »Caterpillar«.



Sl. 5



Sl. 6



Sl. 7

Dubinsko bušenje minskih bušotina u kamenu obavljeno je s 5 pneumatskih bušača »Atlas Coper« ∅ 65 mm, koji su potrebni komprimirani zrak dobivali iz dvije kompresorske stanice. U prvoj su stanici instalirana bila dva stabilna kompresora »Inger soll-Rand« kapaciteta 14—22 m³/min zraka, a u drugoj jedan stabilni kompresor »Atlas Coper« kapaciteta 35 m³/min zraka i jedan kompresor »Holman« kapaciteta 8 m³/min zraka.

Procesu proizvodnje betona posvećena je, s obzirom na količinu potrebnih oko 1 milion m³, posebna pažnja u tehnologiji proizvodnje i organizaciji i mehanizaciji ugrađivanja betona.

Za beton pomoćnih objekata i manje čvrstoće pripreman je agregat u četiri frakcije (0,1—8, 8—15, 15—40, 40—100 mm), a u betonu brane pripreman je agregat u šest frakcija (0,1—1, 1,3, 3—10, 10—30, 30—60, 60—120 mm). Prva frakcija ispirana je hidrauličnim separatorima, a ostale su prolazile kroz četiri vibraciona sita uz vodno ispiranje.

Postrojenje za spremanje agregata je od francuske firme »Babbitless« s mlinovima »Lorr-Parisini«, kapaciteta 150 m³/k. Silosi agregata imali su zapreminu od ukupno 26.000 m³, što je odgovaralo 10-dnevnoj proizvodnji betona. Materijal je vađen iz pozajmišta uzvodno od brane, nakon skidanja sloja jalovine, dubine oko 1,5 m. Nakon pranja i separiranja, uz drobljenje većih komada preko 120 mm, materijal je transportiran podzemnim trakama do drugog — 150 m dugog i vrlo strmog transportera, do tvornice betona.

Cement PC 350 dopreman je na gradilište kamionskim silovlakovima s pretovarne stanice uskotračne željeznice, udaljene 20 km. Na gradilištu je cement uskladišten u silose uz glavnu betonaru — po 500 tona (oznaka 18 na sl. 1) i 3 silosa po 150 tona uz pomoćnu betonaru (oznaka 3 na sl. 1). Glavna betonara bila je automatizirana, tipa »Loro-Parisini« kapaciteta 120 m³/h sa 3 miješalice zapremine 2400 l svježeg betona. Pomoćna betonara imala je kapacitet od 25 m³/h, s 2 miješalice od 1.000 l. Beton je dalje transportiran korpom kablkrana zapremine 5,5 m³, koja se hidraulički praznila, do mjesta ugradbe.

Kablkran talijanske tvrtke (Ceretti-Fanfani), radijalnog tipa ima raspon od 70,1 m, kapaciteta 15 ciklusa na sat odnosno 82,5 m³ betona. Brzina kod horizontalnog kretanja mačke iznosi 5,25 m/sek, a brzina dizanja i spuštanja tereta 2 m/sek. Na brani je beton potom razgranat malim buldožerima u slojevima od 50 cm i vibriran elektrovibratorima »Wackev« ∅ 100 mm. Za transport betona pri ugradbi korištena je i betonska pumpa Rex (SAD), kapaciteta 15 m³/h sa horizontalnim transportom do 100 m i vertikalnim do 60 m. Po planu betoniranja brane predviđena je bila mjesečna ugradba od 36.000 m³, ali zahvaljujući sistemu premiranja postignuti su i rezultati do 42.000 m³ ugrađenog betona, odnosno do 2.200 m³ dnevno.

Kontrolu kvaliteta betona povjerio je investitor Zavodu za ispitivanje materijala iz Beograda, koji je na gradilištu organizirao suvremeno opremljen

laboratorij. U laboratoriju su obavljana ispitivanja prethodnih proba, kontrolu konzistencije, kontrolu mehaničkih svojstava svježeg i stvrdnutog betona, ispitivanje korozije i drugo. Laboratorij je bio snabdjeven čak i klimatizacionim uređajima.

Od pomoćnih postrojenja na gradilištu spominjemo još garažu površine 800 m^2, mehaničku radionicu s autoservisom površine 140 m^2, radničke nastambe za 700 radnika, sedam trafostanica kap. 250 kVA—1.000 kVA i dr.

Kao što smo uvodno spomenuli, građevinski radovi na HE Bajina Bašta su u završnoj fazi; tri će agregata biti u probnom pogonu od kraja 1966. Tako će se i ovaj građevinski gigant priključiti u niz već gotovih hidroenergetskih objekata Jugoslavije i potvrdit će da u nas izvedena građevinska djela — kako u projektu tako u izvedbi, ne zaostaju za suvremenom građevinskom tehnikom i dostignućima razvijenih zemalja.

Kratke vijesti

MOSKOVSKI TELEVIZIJSKI TORANJ

Moskovski televizijski toranj koji se gradi od armiranog betona bit će sa 520 m visine za samo 13 m niži od TVT Columbus (USA — Georgia), koji je sagrađen još god. 1961., te je do danas najviša građevina svijeta. Čini se da je kao »mali« uzor moskovskom TVT služio, još god. 1956. sagrađeni TVT u Stuttgartu, koji je samo 211 m visok. Kod projektiranja moskovskog tornja sudjelovao je kao savjetnik i prof. dr Fritz Leonhardt, konstruktor TVT Stuttgart.

Kod moskovskog TVT je predviđeno da 4 dizala voze posjetitelje i stručno osoblje do 250 odn. 350 m, gdje će se nalaziti restauracija i rasklopni uređaji televizijskih tehničara.

Kod jakog vjetra može se prostorija gdje se nalaze pogonski strojevi dizala, na visini od 380 m, klatiti na svaku stranu za 3,5 m. Vrh antene može se klatiti čak do 7 m na desnu ili lijevu stranu. Nagibanje tornja događa se i onda kad sunčano isijavanje na jednoj i sjena na drugoj strani deformiraju TVT u luku koji je nagnut prema zasjenjenoj strani.

Pri niskim temperaturama nastaje i problem kondenzne vode, koja se stvara od sape posjetilaca i koja bi prema proračunu stvarala do 2 tone leda dnevno. Da se to spriječi, ugradit će se u okno TVT grijači.

Otvaranje TVT predviđeno je na Dan Oktobarske revolucije 1967 (7. XI).

V. P.

PRESVLAČENJE PODOVA I STIJENA

Za presvlačenje (naslojavanje) podova i zidova u SR Njemačkoj se upotrebljava dvokomponentna masa (KL 48) koja se može lijevati. Ona se stvrdne i ne propušta vodu, ulja i pogonska goriva, lako se čisti te je veoma otporna na habanje. Odlično prianja o beton, cementnu žbuku, pločnike, gvožđe, drvo i druge materijale. Postojana je prema mnogim kiselinama, lužinama i otapalima. Isporučuje se u raznim bojama. Djeluje ugodno i nije lakozapaljiva. Za okomite plohe priređena je specijalna izvedba mase (KL 48 S), koja je takve konzistencije da ne puzi.

ZAŠTITA POVRŠINA POMOĆU PEČATNIH MASA

Za postizanje otpornosti prema vodi, ulju, pogonskim gorivima, mogu se površine prekriti masama (KL 68 V i KL 68 F). Radi se o bikomponentnim masama proizvedenim u SR Njemačkoj, koje se odlično povezuju s betonom, cementnom žbukom, azbestnim cementom, metalom, drvom i mnogim drugim materijalima. Ove su mase postojane na mnoge kiseline, lužine i otapala te otporne na gaženje. Kod rada s ovim masama treba biti oprezan, budući su zapaljive zbog prisutnih otapala.

ELVAMIDE POLIAMIDNA SMOLA

Tvrtka Du Pont je stavila na evropsko tržište novu poliamidnu smolu pod trgovačkim nazivom Evlamide 8063. Ova sintetska smola je posebno prikladna za naslojavanje tekstilija, koje i s tim premazom zadrže mekani opip. Osim toga se isporučuju i poliamidne smole 8061 i 8062. Ove smole imaju svojstva ljepljenja, žilave su, fleksibilne i postojane prema kemikalijama. Mogu se upotrijebiti za presvlačenje niti i tekstila, kao ljepak za kožu i tekstil i staklo, kao vezivno sredstvo za priključke za magnetne vrpce, i za željezo.

A. Koman

VELIKA INVESTICIONA IZGRADNJA U BORSKOM BAZENU

Investicioni program za drugu fazu izgradnje rudarsko-topioničarskog bazena »Bor« u punom je toku izvođenja. To je naš najveći investicioni zahvat poslije Đerdapa. Za izgradnju objekata druge faze i objekata koji prate matične investicije, već je uloženo do jeseni 1966. oko 150 milijuna novih dinara a do kraja 1966. god. taj će se iznos popeti na 180 milijuna novih dinara.

S inozemnim firmama zaključeni su ugovori o isporuci opreme za rudarstvo i kompletne opreme za kemijske kapacitete u Boru, Prahovu i Novom Sadu u vrijednosti od oko 210 milijuna n. d. To je polovina cjelokupne uvozne opreme predviđene investicionim programom proširenja rudarsko-metalurških i kemijskih kapaciteta Bora.

Neki prateći objekti — vapnara u Zagrađu, skladište pirita u Boru, industrijski putovi, itd. — već su završeni.

Nastoji se da privredne investicije budu praćene i neophodnim ulaganjima u standard, čiji razvoj valja, koliko je to moguće u ovom trenutku, uskladiti s razvojem industrije i potrebama koje ona donosi. Tako

će ove godine u cijelom Borskom kombinatu biti uloženo u stanove i objekte društvenog standarda oko 60 milijuna n. d.

Kapaciteti izgrađeni u prvoj etapi treba da otpočnu radom u januaru 1969. i da dadu prvih 20.000 tona bakra, dok bi druga etapa dala daljnjih 30.000 tona. Prva etapa treba da konačno bude završena do 1968., ako poslovi budu tekli sadašnjim tempom.

GRAĐEVINSKE CIJENE STANOVA SVE VEĆE

Na tržištu stanova već duže vremena osjećaju se izvjesne promjene koje se prvenstveno odrazuju u sve većim cijenama novosagrađenih stanova.

Rezultati jesenje ankete, koja je bila sprovedena u 36 najvećih gradova Jugoslavije, pokazuje da je ove godine nestalo pesimizma u pitanju stambene izgradnje. Sve je teklo po planu. U idućoj 1967. i narednih godina, međutim, ovakvo stanje po svoj prilici neće potrajati. Savez komunalnih banaka je na to upozorio, jer postoji podatak da je vrijednost ugovorenih radova u slijedećoj i narednih godina opala za 34%.

Kada se usvajala privredna reforma računalo se da će tokom 1965. godine doći do povećanja cijene stanova za oko 30% u odnosu na cijene u 1964. g. Međutim, i ovog puta se pokazalo da su prognoze jedno a praksa drugo. Prema podacima iz 36 gradova u SFRJ, tokom prošle i ove godine troškovi gradnje i cijene stanova su povećani u prosjeku za više od 50%.

Na osnovu dosadašnjih analiza pokazalo se da na opće povećanje cijena stanova dosta utječu nestabilne cijene građevinskih materijala, neblagovremeno uređenje zemljišta i produžavanje rokova gradnje. Uz ove uzroke na poskupljenju stanova izgleda da najviše utječe poseban položaj proizvođača stanova na tržištu. U sadašnjim uvjetima privređivanja u oblasti stambene privrede proizvođači mogu prodajom stanova da pokriju sve troškove izazvane ne samo neracionalnom gradnjom nego i nedovoljnom produktivnošću.

URBANISTIČKI PLAN PULE

Jesenas se u Društvu građevinskih inženjera i tehničara u Puli diskutiralo o nekim koncepcijama urbanističkog plana Pule. Urbanistički plan Pule na udaru je kritike. Naime idejna studija urbanističkog plana Pule naručena prije deset godina kod Urbanističkog instituta Hrvatske, ni do danas nije dovršena odnosno odobrena. Jedan od razloga za ovo, prema mišljenju autora plana, leži u tome što općina nije dosada provela javnu diskusiju o predloženim koncepcijama. To zvuči dosta neuvjerljivo, jer su ti materijali bili izloženi još prije dvije godine, uz stručno objašnjenje, a prikupljene su i primjedbe građana.

Društvo građevinskih inženjera i tehničara Pule zato je, u slobodnoj interpretaciji, stavilo niz primjedaba i kritika na neke postavke plana. Iako je u prvobitnim koncepcijama plana već štošta izmijenjeno i prilagođeno realnim potrebama, diskusija je pokazala da mnoge teškoće još nisu našle »pravo mjesto«. S druge strane gradnja je svakog dana sve intenzivnija, kako u društvenom tako i u privatnom vlasništvu, bez dovoljne stručne razrade, što samo od sebe nameće pitanje kvalite takvog rada.

RADNE JEDINICE U GRAĐEVINSKIM PODUZEĆIMA HRVATSKE

U građevinskim poduzećima Hrvatske ova je godina bila značajna u ostvarivanju daljnje decentralizacije samoupravljanja, raspodjele dohotka na nivou radnih jedinica i njihovoj samostalnosti unutar poduzeća. Jesenas je plenum Republičkog odbora Sindikata građevinskih radnika zaključio da su dosadašnji rezultati uglavnom povoljni i da su građevinska poduzeća prihvatila način raspodjele na nivou radne jedinice kao osnovne proizvodne ćelije poduzeća.

Međutim, u izvjesnom broju građevinskih poduzeća još uvijek postoje brojna neriješena pitanja vezana za samostalnost radnih jedinica. Na navedenom plenumu iznesen je bio primjer poduzeća »Drava« iz Donjeg Miholjca, gdje dolazi do prelijevanja dohotka iz radnih jedinica koje posluju rentabilno u deficitarne radne jedinice, što nailazi na otpor. Iznesen je i primjer iz prakse zagrebačke građevinske operative, gdje o sredstvima radnih jedinica uglavnom odlučuju centralni radnički savjeti poduzeća, a samoupravne funkcije radnih jedinica uglavnom su svedene na domenu radnih odnosa.

Za istaknut je primjer poduzeća »Građevinar« iz Ivanićgrada gdje radne jedinice imaju potpunu samostalnost. One same odlučuju o planu i o raspodjeli svog dohotka, uključujući osobne dohotke. Interni obračun među radnim jedinicama odvija se po tržnim cijenama. Tako svaka ekonomska radna jedinica unutar radne zajednice svog poduzeća posluje, u neku ruku, kao samostalno poduzeće.

DA LI SE NALAZIMO PRED PORASTOM GRAĐEVINSKE DJELATNOSTI

Nedavno su u Zagrebu, u Privrednoj komori Hrvatske, vođeni razgovori i diskusije na temu društvenog plana za 1967. godinu. Situacija nije najpovoljnija, a ni predviđanja nisu baš optimistička. Tako, na primjer, iako u prvom polugodištu 1966. građevinarstvo bilježi porast ukupne proizvodnje od 21% u odnosu na isto razdoblje 1965., radi se samo o »privrednom« porastu koji je rezultat viših cijena i izmijenjene strukture u radovima građevinskih poduzeća. Zapravo, očekuje se da će 1966. godine opseg radova u građevinarstvu biti za oko 10% manji od opsega u 1965. godini, a slična situacija navjerojatnije bit će i u 1967. godini. Iako se to donekle može opravdati kad je riječ o privrednim objektima, teže je naći ispriku što radne organizacije nemaju programe za stambenu izgradnju, iako za nju raspolažu sredstvima čiji se iznos tačno zna. Nadalje, poslovne banke se nisu dovoljno angažirale u iniciranju nekih gradnji. a sasvim je zatajila suradnja između banaka, radnih organizacija, stambenih i građevinskih poduzeća i komuna, koja se očekivala u stambenoj izgradnji, pa je i tu došlo do zastoja.

Postoji još jedan problem. S obzirom da se investiciona potrošnja smanjuje, nema toliko sredstava za novu gradnju, pa bi bilo sasvim razumljivo da u takvoj situaciji radne organizacije posvete više pažnje investicionim »predradnjama« — projektoranju, planiranju, izradi studija i sličnom. Međutim, sada projektantske i druge slične organizacije rade sa jedva nešto više od polovice svojih kapaciteta, a to — upozoravaju pro-

jektanti — može dovesti do toga da kad sredstava za izgradnju i bude, dokumentacija će se opet morati da radi na brzinu i nesolidno, što će sigurno imati neželjene posljedice.

IZGRADNJA JEDNOG NOVOG OPĆINSKOG SREDIŠTA U CRNOJ GORI

Kad na Pivi bude završena najveća brana u zemlji »Mratinje«, Plužine će se naći na 80 m ispod jezerske površine. Zbog toga je bilo neophodno da se pravovremeno pronađe drugo mjesto i sagradi novi općinski centar.

Teško je bilo odlučiti se za novu lokaciju općinskog centra. Definitivna je odluka donesena jesenas na osnovu želje većine građana komune Plužine. Novo komunalno središte izgradit će se na Plužinskom brdu, na jednoj lijepo prostranoj zaravni iznad sadašnjih Plužina. Novo će se naselje nalaziti na samoj obali vještačkog jezera. Pored njega će prolaziti buduća magistralna cesta (bosansko-crnogorska magistrala) što će cijelom plužinskom kraju stvoriti veliku mogućnost za razvoj turizma.

DŽINOVSKA BRANA »GRANČAREVO«

Granicu Hercegovine i Crne Gore jednim dijelom svoje dužine predstavlja rijeka — ponornica Trebišnjica. Na gradilištu smještenom u divljem kršu ljudi i strojevi u tri smjene danonoćno vode borbu za svaki centimetar brane »Grančarevo«. Dosad izgrađeni dio brane (do novembra 1966.) visok je 87 m, dok će njena ukupna visina iznositi 124 m. Najteži dio posla je završen, jer debljina brane pri njenom dnu iznosi 27 m, da bi se na samom vrhu smanjila na svega 4,6 m. Dužina krune od jedne do druge obale ove brane iznosi oko 450 m. S takvim dimenzijama »Grančarevo« je sada naša najveća brana koju će, prema najnovijim koncepcijama, premašiti samo velika buduća brana »Mratinje« na rijeci Pivi u Crnoj Gori.

Voda iz vještačkog jezera će se dvaput koristiti. Prvi put na samoj brani — u HE »Grančarevo« koja će imati tri agregata, te drugi put u hidroelektrani na obali mora, u Platu kraj Dubrovnika.

IZGRADNJA MAGISTRALNIH CESTA U HRVATSKOJ

Pripreme za buduću izgradnju dviju novih magistranih cesta u Hrvatskoj: Zagreb—Bihać—Knin—Split i Zagreb —Karlovac—Rijeka, obavljaju se predviđenim tempom. Cjelokupna ekonomsko-prometna i tehnička dokumentacija imala bi biti uskoro dovršena.

Glavni projekt za dvostruki autoput Zagreb—Pisarovina, gdje će se razdvajati ceste za Rijeku i Split, već je izrađen, a 1967. bit će gotov i projekt za dionicu Pisarovina—Karlovac. To će biti prvi jugoslavenski autoput s dvostrukim odvojenim kolovozom i sa svim elemeneima najsuvremenijih automobilskih cesta u svijetu.

Užurbano se radi i na generalnim studijama za dio autoputa od Karlovca do Rijeke, koji će najvjerojatnije ići preko Novog Vinodolskog.

Za autoput Zagreb—Bihać—Knin—Split već su završena sva geološka istraživanja terena, a 1967. bit će završen idejni projekt. Odmah nakon toga počet će izrada glavnog projekta.

Među najvažnije zahvate na izgradnji i daljem proširenju i modernizaciji automobilskih cesta u Hrvatskoj ubrajaju se i zaobilazni krakovi na Jadranskoj magistrali oko velikih i većih mjesta, u prvom redu Rijeke, Crikvenice i Splita.

Pripremaju se i projekti za modernizaciju cesta u Istri, u prvom redu u pravcu Koper—Buje—Pula i dalje za Opatiju, kao i za budući autoput između Rijeke i Trsta.

Postoje i planovi, o kojima se pregovara s Italijom, da se u budućnosti izgrade autoputovi od Ljubljane preko Nove Gorice do Udina i do Trsta, kojima bi se Jugoslavija spojila s magistralama Italije.

Postoji mogućnost, što je predviđeno i društvenim planom, da se u narednih pet godina obave najvažniji zahvati na rekonstrukciji ceste prvog reda Zagreb—Beograd.

ELEKTRIFIKACIJA ŽELJEZNICA

U 1967. počet će veoma opsežni građevinski i montažni radovi na elektrifikaciji najvažnije jugoslavenske željezničke magistrale Jesenice—Beograd—Skopje. To je ujedno i najveći zahvat u unapređenju željezničkog saobraćaja u našoj zemlji. Do 1969. obavit će se elektrifikacija najvažnijih pruga. Propusna moć će biti dvaput veća, a brzina i do 120 km na sat.

Najvažniji pripremni poslovi su uglavnom završeni. Gotovi su projekti, a uskoro će se izabrati i poduzeća kojima će radovi biti povjereni. Do 1969. elektrificirat će se i pruga Vrpolje—Sarajevo, dok će već iduće godine saobraćati električni vlakovi na novosagrađenoj pruzi Sarajevo—Ploče.

R. P.

Kongresi i sastanci

INFORMACIJA O KONGRESU INTERNATIONAL ROAD FEDERATION — LONDON 1966.

Međunarodna federacija za ceste, International Road Federation održala je u Londonu od 18 do 24. septembra 1966. godine svoj V svjetski kongres. Organiziranje Kongresa bilo je povjereno britanskoj Federaciji za ceste. Patronat nad organiziranjem preuzeli su Britanski državni sekretarijat za vanjske poslove i za veze s Commonwealthom, te ministarstva za trgovinu, tehnologiju, transport, za razvoj prekomorskih zemalja te za javnu izgradnju i javne radove.

Intenational Road Federation je svjetsko udruženje, koje ima svoja sjedišta u Washingtonu i Ženevi. Ono obuhvaća preko 80 zemalja sa svih kon-

tinenata organiziranih sa zajedničkim ciljem za što ekonomičnijom i kvalitetnijom izgradnjom mreže cesta u svijetu. Udruženje se bavi kompletnom problematikom s tog područja počevši od financiranja i traženja financijskih mogućnosti na međunarodnom planu pa do tehničkih rješenja, koordinacije naučnih istraživanja i rezultata, regulative, nadzora i ispitivanja kvalitete.

Na organiziranju Kongresa sudjelovala su ova udruženja i instituti:

Association of Consulting Engineers
Association of County Councils in Scotland
Association of Municipal Corporations
Automobile Association
Cement and Concrete Association
Confederation of British Industry
Corporation of London
County Councils Association
County Surveyors'Society
Export Group for the Constructional Industries
Federation of Civil Engineering Contractors
Federation of Manufacturers of Constructions Equipment
Flexible Road Group
Greater London Council
Institution of Civil Engineers
Institution of Highway Engineers
Institution of Municipal Engineers
Institution of Structural Engineers
International Chamber of Commerce
Permanent International Association of Road Congresses
Royal Automobile Club
Royal Institute of British Architects
Royal Institution of Chartered Surveyors
Royal Scottish Automobile Club
Royal Society for the Prevention of Accidents
Society of Motor Manufacturers and Traders
Town Planning Institute
Tyre Manufacturers Conference
World Touring and Automobile Organisation.

Radni dio Kongresa odvijao se istovremeno na četiri odjelita zasjedanja od kojih je svaki obrađivao svoje područje.

Na zasjedanju A obrađivane su teme:

1. Tema: Dokumentacija o istraživačkim radovima s područja građenja cesta, metode sakupnja rezultata istraživanja te raspodjela tih rezultata interesentima.

   Konkretni materijali:
   a) Internacionalna kooperacija na kodifikaciji, uspoređivanju i raspodjeli rezultata istraživačkih radova.
   b) Internacionalna suradnpa na skupljanju i proširenju cestovne statistike i statistike cestovnog transporta.
   c) Organiziranje istražnih radova u raznim zemljama.
   d) Planiranje i prioritet u istražnim radovima.

2. Tema: Planiranje te izgradnja pojedinih cesta i cestovnih sistema u interesu socijalnog i ekonomskog napretka i industrijalizacije.

   Konkretni materijali:
   a) Istražni radovi u tom području.
   b) Planiranje i izgradnja cesta u urbanim aglomeracijama.
   c) Planiranje i izgradnja cesta u žemljama u razvitku.

3. Tema: Nacionalni i internacionalni problemi u pogledu izobrazbe kadrova.

   Konkretni materijali:
   a) Izobrazba stručnjaka.
   b) Usavršavanje u zvanju.
   c) Kadrovi za posluživanje cestovnih strojeva.

4. Tema: Razvoj prometa, projektiranje i izgradnja cesta sa stanovišta povećane sigurnosti u saobraćaju i povećane propusne moći.

   Konkretni materijali:
   a) Saobraćaj — nadzor nad zonama.
   b) Općeniti problemi u prometu.
   c) Problemi sigurnosti.

5. Tema: Financiranje izgradnje pojedinih cesta i cestovnih mreža.

   Konkretni materijali:
   a) Financiranje cesta u zemljama u razvoju.
   b) Financiranje cesta u zemljama visokorazvijene ekonomije.
   c) Financiranje cesta u gradovima.

Iz naslova tema vidimo da se je na zasjedanju »A« raspravljalo o projektu na ostvarivanju međunarodne suradnje u pogledu centralnog skupljanja rezultata istražnih radova u području građenja cesta i cestovnog prometa iz raznih naučnih instituta svijeta, te zajedničko objavljivanje tih rezultata, koji bi na taj način postali dostupni svima. Ostale teme odnosile su se na izobrazbu tehničkih kadrova, na planiranje i izgradnju cesta sa stanovišta socijalnog i ekonomskog napretka, a s time u vezi i na probleme financiranja.

Posebnim osvrtom iznesena su najnovija dostignuća u projektiranju, sa stanovišta povećane sigurnosti saobraćaja i veće propusne moći prometnih arterija.

Na zasjedanju B raspravljalo se o temi:

Napredak u izgradnji transkontinentalnih i interkontinentalnih sistema cesta.

Konkretni materijali:
a) Sistem cesta u Africi.
b) Sistem cesta u Aziji.
c) E-ceste Evrope.
d) Cestovna mreža Srednjeg istoka.
e) Panamerički sistem cesta.

U referatima su opisivani izabrani transkontinentalni i interkontinentalni sistemi cesta s posebno naglašenim akcentom na požurivanju ostvarenja tih projekata.

Zasjedanje C bavilo se temom:

Nacionalna i internacionalna planiranja i izvedba cesta:

Konkretni materijali:
a) Gradske ekspresne ceste, priključci autoputeva i estetika u projektiranju.
b) Autoputovi.
c) Projektiranje cesta.

d) Izgradnja tunela.
e) Saobraćaj, parkirališta.
f) Izgradnja mostova.

Referati su sadržavali najnovija dostignuća na projektiranju cesta, mostova i tunela, a izneseni su urbanistički zahvati u Glasgowu, izgradnja tramvajskog tunela u Bruxellesu, izvedba ekspresne ceste duž Seine u Parizu, izgradnja i rekonstrukcija njemačkih autoputova, izvedba mosta i tunela u Montrealu, izgradnja Guardarrama tunela, izgradnja Mt Blanc tunela, izgradnja St. Gotthard tunela, konstrukcija podzemnog parkirališta u Parizu te projekt, izvedba Severn-mosta u Engleskoj itd.

Zasjedanje D bilo je predviđeno za tehničke informacije učesnika kongresa, a na ove teme:

a) Novosti u izvedbi i uzdržavanju cesta i mostova.
b) Metode ispitivanja saobraćaja.
c) Oprema za nadzor saobraćaja.
d) Problem parkiranja.
e) Pitanje sigurnosti.
f) Djelatnost nacionalnih saveza za ceste.

U okviru radnog dijela Kongresa bili su projicirani filmovi s područja građenja cesta i mostova, od kojih treba naročito spomenuti, po našem mišljenju, ove:

Cesta kroz džunglu film jasno ilustrira socijalni i ekonomski preobražaj koji je nastupio poslije izgradnje nove ceste, izvedene kroz brazilsku džunglu, od delte rijeke Amazonas do novog grada Brasilia, u dužini od 2300 km.

Autoput Nagoya—Kobe; film opisuje cjelovit postupak od projektiranja do izgradnje prvog velikog interurbanog autoputa između Nagoya i Osaka u Japanu, izvedenog 1964. godine.

Most preko rijeke Medway; u filmu je prikazana izvedba novog mosta preko rijeke Medway, koji je zajedno s prilaznim vijaduktima dug 1000 m. Most je izveden od prednapregnutog betona.

Raskršće Edobaski; film o raskršću Edobaski, koje je izvedeno 1964. godine u centru Tokia, impresivno prikazuje ukrštanje brzih gradskih cesta u tri nivoa. Raskršće je izvedeno nad jednim gradskim kanalom. Zbog vrlo skučenog građevnog prostora te neprekinutog intenzivnog gradskog prometa i podzemne željeznice, projekt i izvedba sadrži niz interesantnih rješenja.

Učesnici Kongresa imali su prilike posjetiti niz naučnih ustanova i instituta, koji se bave ispitivanjem materijala, testiranjem, ispitivanjem građevinskih strojeva za izgradnju cesta itd., kao što su:

Military Engineering Experimental Establishment, International Commercial Motor Show, Cement and Concrete Association, Reserch Station and Training Centre, Amey Group Central Laboratories, te saobraćajni odjel Londonske policije, kao i različita gradilišta mostova i cestovnih poteza u bližoj i daljoj okolini Londona.

U okviru Kongresa predviđene su nakon završetka rada Kongresa stručne ekskurzije, i to jedna po Engleskoj i Škotskoj, druga po istočnoj Engleskoj, treća po južnoj, a četvrta po zapadnoj Engleskoj. U svakoj od tih ekskurzija predviđen je posjet i pregled autoputova, raskršća, mostova, novih gradskih naselja i historijskih znamenitosti. Nažalost, zbog stanovitih razloga nismo se mogli niti jednoj od tih ekskurzija priključiti. Iz naše zemlje na Kongresu su sudjelovali: Ing. Stjepan Lamer, Prof. Kruno Tonković i pisac ovog prikaza.

Ing. Marijan Ljubi

VII KONGRES ZA VISOKE BRANE SARAJEVO 26. — 29. 9. 1966.

Stručnjaci za visoke brane sastali su se na kongresu u Sarajevu nastavljajući tradiciju staru 16 godina — u organizaciji Jugoslavenskog nacionalnog komiteta za visoke brane. Organizacioni odbor DGIT BiH u Sarajevu obavio je veoma opsežnu pripremu za ovaj kongres i veoma uspješno je ispunio svoj zadatak. Isto tako dobro je održano i IV savjetovanje društva hidrauličara Jugoslavije, pa je priređena zajednička svečanost otvaranja obiju manifestacija.

Dva uvodna referata, prof. Bleiweissa iz Ljubljane o radu društva hidrauličara i prof. Nonveillera iz Zagreba o radu jugoslavenskih stručnjaka za visoke brane, ocrtala su današnje stanje nauke i struke na tim područjima i aktualne probleme koje društvo i stručnjaci tih struka treba da rješavaju.

Otvaranju kongresa prisustvovali su predstavnici političkih i društvenih organizacija BiH na čelu s predsjednikom skupštine drugom Ratom Dugonjićem.

Na kongresu za visoke brane prikazano je 40 radova o problemima i rješenjima u građenju naših visokih brana i opažanju njihovog ponašanja u toku rada. Raspravljena su pitanja vrsta cementa za hidrauličke radove i upozoreno na razne probleme u vezi s osiguranjem potrebne jednoličnosti proizvodnje cementa i specifičnih osobina potrebnih da se garantira trajnost betona hidrotehničkih građevina. Iznesena su dosadašnja iskustva s organizacije građenja i izvođenja radova na velikoj brani na Dunavu kod Đerdapa. Raspravljena su i neka pitanja u vezi s metodama ispitivanja terena za brane i akumulaciona jezera (geološka, geofizičke metode, hidrogeološka ispitivanja i sl.). Prikazani su neki problemi projektiranja i građenja nekih naših velikih brana (Grančarevo, Rama, Sklope, Gazivode i dr.).

U toku rada kongresa učesnike je primio predsjednik skupštine Bosne i Hercegovine drug Rato Dugonjić i s njima se zadržao u razgovoru o aktualnim pitanjima istraživanja vodnog bogatstva naše zemlje. Održan je i uži sastanak s direktorom Uprave za vodoprivredu drugom Husbašićem na kojem su raspravljena pitanja organizacije i unapređenja vodoprivredne službe.

Na kraju kongresa održana je skupština koja je izabrala novi izvršni odbor Jugoslavenskog nacionalnog komiteta s predsjednikom prof. Stjepanom Mikulcem iz Sarajeva.

Nakon kongresa većina učesnika učestovala je u dvodnevnoj ekskurziji na gradnju brane Rama (kamena brana visine 100 m u početku građenja) i betonske lučne brane Grančarevo (najviša lučna brana u našoj zemlji, visoka 132 m) na Trebišnjici kod Trebinja, koja će naredne godine biti dovršena.

Kongres je donio ove zaključke i smjernice

A. Zaključci

1. Referati podnijeti na Kongresu svjedoče o daljem tehničkom napretku u domenima istraživanja, projektiranja i građenja visokih brana;

2. Konstatira se da su ostali bezuspješni pokušaji da se donesu sjernice o projektiranju brana kao i

uputstva za potrebne istražne radove. Neophodno je zbog toga da Izvršni odbor dalje radi na tome da se u mjerodavnim organima vlasti poduzmu mjere da se te smjernice i uputstva hitno donesu;

3. Nastaviti akciju za donošenje obaveznih propisa za efikasno osmatranje i kontrolu visokih brana, jer doneseni Pravilnik ne osigurava postavljene zahtjeve;

4. Postojeći standardi i propisi ne odgovaraju potrebama za hidrotehničke betone. Treba raditi na tome da se revidiraju standardi za cemente i donesu ili proširе propisi u smislu Smjernica za hidrotehnički beton, koje je potkomitet za beton Izvršnog odbora razradio i stavio na diskusiju;

5. Sredstva za studije i straživanja za brane i akumulacije odobravaju se u dovoljnoj mjeri tek za one objekte koji su u fazi ostvarivanja; Odluke se o investiranju često donose na temelju idejnih rješenja koja su razrađena na nedovoljno sigurnim tehničkim podlogama. Posljedica takvog sistema je nedovoljno sagledavanje kompleksnih ekonomsko-tehničkih problema, a iz toga proizlaze nedovoljna rentabilnost investiranja, produženja rokova izgradnje i poskupljenje radova.

Trebalo bi prema tome studije o istraživanju vremenski odvojiti od realizacije i osigurati za njih dovoljna financijska sredstva, a konačnu odluku o investicionim zahvatima donositi na osnovu tehnički potpuno dokumentiranih projekata.

6. Karakteristika iskorištenja našeg vodnog bogatstva je u tome što se vode pretežno iskorištavaju u energetske svrhe, a zapostavlja se njihovo kompleksno iskorištenje.

Adekvatnom organizacijom i sistemom finansiranja trebalo bi stimulirati rješenja za kompleksno iskorištavanje voda, a na prvom mjestu studije i istraživanja. U tome pitanju bi osnovnu ulogu trebalo da odigra pravilno usmjeravanje sredstava iz fonda voda. Treba također voditi računa o potrebi da se naučnoistraživačkim, projektantskim i izvođačkim organizacijama osiguraju uslovi za ravnomjerno iskorištavanje specijaliziranih kapaciteta, kako bi se omogućilo održavanje i unapređenje postignutog naučnog i stručnog nivoa i izbjegla potreba da se bave perifernim djelatnostima.

7. Današnje zakonodavstvo u vodoprivredi i organizacija vodoprivrede ne zadovoljavaju osnovne potrebe racionalnog iskorištenja vodnog bogatstva zemlje. Radi toga Izvršni odbor treba da poduzme akciju da se ta pitanja iznesu i rasprave na Kongresu o vodama u 1967. godini i da se na njemu donesu određene odluke o tim ključnim pitanjima.

B. Smjernice

1. Preporučuje se Izvršnom odboru da, nastavljajući korisnu praksu započetu održavanjem simpozijuma o gradnji brane Trebišnjica, dâ inicijativu i pomogne organizaciju simpozijuma o gradnji brane i hidroelektrane Đerdap.

2. Treba težiti da se slijedeći kongres organizira tako da se referati objave unaprijed. E. N.

Obavijest

»TEČAJ ZA USAVRŠAVANJE IZ PROMETNE TEHNIKE«

Građevinski fakultet u zajednici s Društvom inženjera i tehničara saobraćaja i veza, Zagreb, namjerava od 19. veljače 1967. do 21. svibnja 1967. godine organizirati tečaj za usavršavanje iz prometne tehnike, prema priloženom nastavnom planu.

Predavači na tečaju bit će nastavnici Građevinskog i srodnih fakulteta i neki istaknutiji stručnjaci iz privrede. Tečaj mogu pohađati svi stručnjaci koji se bave prometnom problematikom.

Na kraju tečaja ne bi se polagao ispit, već bi se u smislu člana 51. Statuta Građevinskog fakulteta polaznicima koji su marljivo pohađali predavanja izdala o tome pismena potvrda.

Troškove tečaja snosili bi polaznici ili njihove radne organizacije samodoprinosom. Cijena po polazniku iznosila bi 750 novih dinara. Ovaj iznos uz prijavu polaznika treba dostaviti do 15. siječnja 1967. godine Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, žiro račun broj 3071-3-426 — Građevinski fakultet u Zagrebu, s naznakom Zavodu za željeznice (za tečaj).

Tečaj se neće održati ako se ne prijavi barem 50 polaznika. U tom slučaju uplaćeni iznos bit će vraćen.

Sve informacije o tečaju mogu se dobiti na Građevinskom fakultetu, Zavod za ceste ili Zavod za željeznice, telefon 33-351, kućni 41 ili 60.

Nastavni plan

1. Račun vjerojatnosti i statističke metode		16 sati
2. Prometna ekonomija i politika, spec. poglavlja		6 sati
3. Projektiranje prometnih puteva		
3. 1. Upotreba fotogrametrije kod projektiranja cesta	6 sati	
3. 2. Upotreba elektronskog računanja kod projektiranja cesta	6 sati	
3. 3. Dimenzioniranje kolnika kao nosive konstrukcije	4 sata	16 sati
4. Građenje prometnih puteva		
4. 1. Geomehanika, spec. poglavlja . . .	6 sati	
4. 2. Suvremene metode građenja cesta, s osobitim obzirom na građ. strojeve . .	12 sati	18 sati
5. Gradski promet		
5. 1. Suvremene metode dijagnoze individualnog prometa	4 sata	
5. 2. Suvremene metode prognoze individualnog prometa	2 sata	
5. 3. Analiza prometnih nezgoda i njihov utjecaj na prometnu terapiju	2 sata	
5. 4. Prometna terapija uličnih čvorišta .	10 sati	
5. 5. Markiranje kolnika i oprema ulica .	2 sata	
5. 6. Rasvjeta ulica i trgova	4 sata	
5. 7. Uređaji mirujućeg prometa	4 sata	
5. 8. Ulična čvorišta u dvije i više razina i njihovi objekti	6 sati	
5. 9. Brze gradske automobilske ceste . .	2 sata	36 sati
6. Željeznice u gradskom i prigradskom prometu		
6. 1. Tramvaji, brze gradske željeznice, nekonvencionalne željeznice i utjecaj željeznica dalekog prometa u rješavanju gradskih prometnih problema . . .	6 sati	
6. 2. Vozna dinamika tramvaja	2 sata	8 sati
Ukupno:		100 sati

Dekan Građevnog fakulteta
Prof. dr ing. E. Nonveiller, v. r.

Predsjednik Društva inženjera i tehničara saobraćaja i veza
Dipl. ing. Žarko Prpić, v. r.

Članovima DGIT Hrvatske
suradnicima
čitaocima
i oglašivačima

želi mnogo uspjeha u Novoj 1967. godini

SAVEZ DGIT HRVATSKE
DRUŠTVO DGIT ZAGREB I
UREDNIŠTVO GRAĐEVINARA

